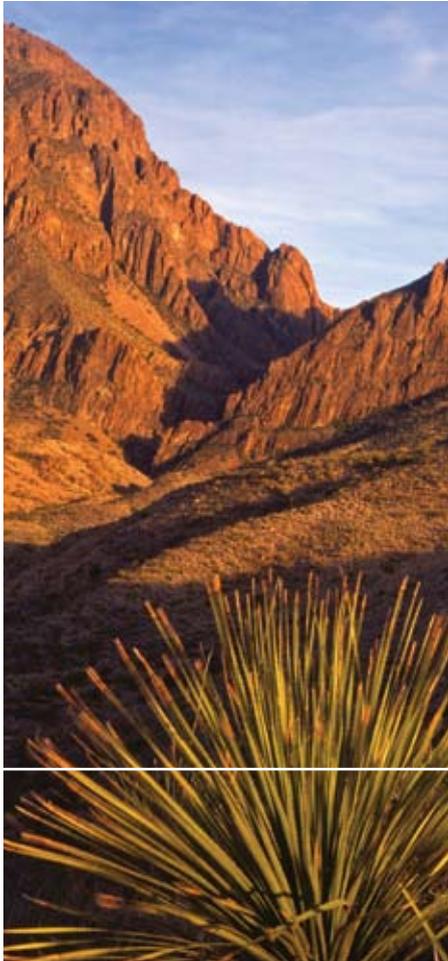


*Estado de California*  
*La Agencia de Recursos*  
*Departamento de Recursos Hídricos*

'08  
**JULIO DE**

Informe especial para  
la XXVI Conferencia de  
Gobernadores Fronterizos



agua y **cambio climático**  
en el área fronteriza

UNA INTRODUCCIÓN

Puede obtener copias de este informe sin cargo del:  
Departamento de Recursos Hídricos  
P.O. Box 942836  
Sacramento, CA 94236-0001





## Prólogo

La incorporación del cambio climático en la planeación y administración de recursos de agua es importante para California y la región fronteriza entre los Estados Unidos y México. Este informe fue preparado por la XXVI Conferencia de Gobernadores Fronterizos como una introducción al cambio climático en la región fronteriza desde la perspectiva del sector hídrico. La región fronteriza es árida y vulnerable al impacto de los cambios climáticos sobre los recursos del agua. Los efectos pronosticados de los cambios climáticos inducidos por el hombre provocarán un aumento del calentamiento y la sequedad en el suroeste de los Estados Unidos y el noroeste de México, exacerbando la competencia por los recursos finitos de agua de la región. La aridez de la región fronteriza y su vulnerabilidad geográfica a los impactos del cambio climático acentúan la necesidad de examinar la fiabilidad del suministro de agua y de desarrollar en conjunto un plan de preparación para sequías y las herramientas de adaptación al cambio climático.

Lester A. Snow  
Director, Departamento de Recursos Hídricos



*Foto cortesía de USGS*

ESTADO DE CALIFORNIA  
**Arnold Schwarzenegger**, *Gobernador*

LA AGENCIA DE RECURSOS  
**Mike Chrisman**, *Secretario de Recursos*

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS  
**Lester A. Snow**, *Director*

**Jerry Johns**  
*Subdirector*

**Mark Cowin**  
*Subdirector*

**Timothy Haines**  
*Subdirector*

**Kasey Schimke**  
*Director Asistente,  
Asuntos Legislativos*

**Susan Sims**  
*Subdirectora Jefe (En ejercicio)*

**David Guitierrez**  
*Subdirector (En ejercicio)*

**Ralph Torres**  
*Subdirector*

**James Libonati**  
*Subdirector*

**David Sandino**  
*Consejero Legal*

Este informe fue preparado por:  
**Jeanine Jones**  
*Gerente de Recursos Interestatales*

Servicios de producción provistos por:  
**John Carter**  
**Cordi McDaniel**  
**Joanne Pierce**  
**Jennifer Segur**  
**Wiley Design Communications, Inc.**

## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO 1. CAMBIO CLIMÁTICO DESDE LA PERSPECTIVA GLOBAL</b> _____	1
Introducción _____	2
Cambio climático – Reseña global _____	4
<b>CAPÍTULO 2. AGUA EN LA REGIÓN FRONTERIZA</b> _____	11
Trasfondo y escenario _____	12
Fuentes de agua _____	19
Usos del agua _____	25
<b>CAPÍTULO 3. CAMBIO CLIMÁTICO EN LA REGIÓN FRONTERIZA</b> _____	31
Resumen de impacto _____	32
Necesidades de investigación y datos _____	52
<b>CAPÍTULO 4. ADAPTACIÓN DEL SECTOR HÍDRICO</b> _____	53
Adaptación en perspectiva _____	54
Estrategias de adaptación _____	56
Infraestructura de agua en la frontera _____	58



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Cambios de temperatura, nivel del mar y cubierta de nieve en el Hemisferio Norte _____	5
<b>Figura 2</b>	Cambios modelados en las variables hidrológicas _____	7
<b>Figura 3</b>	Mapa de la región fronteriza _____	13
<b>Figura 4</b>	Densidad de población por condado/municipio en 2004 _____	14
<b>Figura 5</b>	Porcentaje del producto bruto interno por estado _____	15
<b>Figura 6</b>	Precipitación anual en México, 2006 (milímetros) _____	16
<b>Figura 7</b>	Ejemplo de la estacionalidad de la precipitación _____	17
<b>Figura 8</b>	Probabilidad de escasez futura en la cuenca inferior del Río Colorado _____	22
<b>Figura 9</b>	Acuíferos identificados por México con problemas de consumo excesivo o salinidad _____	24
<b>Figura 10</b>	Volúmenes de agua bajo concesión, por tipo de uso _____	26

<b>Figura 11</b>	Demandas de agua proyectadas, región de planeación del Río Bravo en Texas _____	27
<b>Figura 12</b>	Contribución de la agricultura fronteriza a los ingresos agrícolas estatales de los Estados Unidos _____	28
<b>Figura 13</b>	Posición global de regiones tropicales/subtropicales y adyacentes a desiertos _____	33
<b>Figura 14</b>	Correlación entre la posición invernal de la trayectoria de tormenta de oeste a este (corriente en chorro) y las anomalías de precipitación al comienzo de la primavera _____	34
<b>Figura 15</b>	Comparación del cambio de precipitación global promediado longitudinalmente histórico y modelado _____	36
<b>Figura 16</b>	Vista global del cambio de precipitación media anual, 2071 a 2100, con relación a 1990 _____	37
<b>Figura 17</b>	Simulación multimodelo de cambios futuros de precipitación menos evaporación _____	38
<b>Figura 18</b>	Cantidad de días con temperaturas máximas en exceso de 100° F para ciudades seleccionadas ____	39
<b>Figura 19</b>	Temperaturas medias anuales de superficie observadas en las cuencas superior e inferior del Río Colorado _____	40
<b>Figura 20</b>	Temperaturas atmosféricas anuales de primavera observadas en las cuencas superior del Río Colorado _____	41
<b>Figura 21</b>	Efectos de la resolución de los modelos climáticos en la representación de topografía _____	42
<b>Figura 22</b>	Reconstrucciones a largo plazo del caudal del Río Colorado y el Río Bravo Superior _____	44
<b>Figura 23</b>	Cambios proyectados por el modelo en el escurrimiento anual en los Estados Unidos, 2041 a 2060 _____	45
<b>Figura 24</b>	Comparación de hidrogramas de caudal presente y pronosticado del Río Bravo _____	47
<b>Figura 25</b>	Importancia de la precipitación estival en sitios selectos de la cuenca del Río Conchos _____	48
<b>Figura 26</b>	Elementos del monzón de América del Norte sobre el norte de México _____	49
<b>Figura 27</b>	Comparación de aumentos históricos y pronosticados en el nivel del mar _____	51
<b>Figura 28</b>	Zona fronteriza de 100 Km. y 300 Km. de la COCEF _____	59
<b>Figura 29</b>	Historia de apropiaciones del programa fronterizo Estados Unidos – México _____	60

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro 1</b>	Estimaciones y proyecciones de población en los estados fronterizos _____	18
<b>Cuadro 2</b>	Estimaciones de población en 2005 para municipalidades selectas _____	18
<b>Cuadro 3</b>	Prorrato anual de uso de agua del Río Colorado _____	19
<b>Cuadro 4</b>	Acueductos más grandes que derivan agua de los tributarios del Río Colorado Inferior y el Río Bravo _____	29
<b>Cuadro 5</b>	Resumen de estudios recientes seleccionados de la cuenca del Río Colorado _____	46



# cambio climático

desde la perspectiva global

1  
CAPÍTULO

*Foto cortesía de Connie Woodhouse,  
Universidad de Arizona*

## Introducción



**La región fronteriza entre los Estados Unidos y México se caracteriza por su aridez. Las sequías son un evento común y un aspecto recurrente de la variabilidad climática natural.** Los efectos pronosticados de los cambios climáticos inducidos por el hombre provocarán un aumento del calentamiento y la sequedad en el suroeste de los Estados Unidos y el noroeste de México, exacerbando la competencia por los recursos finitos de agua de la región. Este calentamiento y sequedad ocurrirá al mismo tiempo que la región enfrenta un crecimiento significativo de la población, deseos de nuevos desarrollos económicos y preservación ambiental, y la necesidad de aumentar y mejorar la infraestructura de aguas.

Este informe hace un resumen de las características hidrológicas de la región fronteriza, concentrándose especialmente en los ríos internacionales, el Río Colorado y el Río Bravo, que son las principales fuentes de agua desarrolladas; describe el impacto pronosticado

del cambio climático sobre los recursos de agua; y describe estrategias de adaptación. La preparación de este informe fue iniciada en respuesta a un intercambio sobre sequía y cambio climático en las mesas de trabajo de la Conferencia de Gobernadores Fronterizos de los Estados Unidos y México, y a un nivel cada vez mayor de interacción y deliberación sobre la gestión trasfronteriza de las fuentes de agua principales de la región.

La aridez de la región fronteriza y su vulnerabilidad geográfica a los impactos del cambio climático acentúan la necesidad de examinar la fiabilidad del suministro de agua y desarrollar en conjunto un plan de preparación para sequías y las herramientas de adaptación al cambio climático. Como primer paso para comprender el impacto del cambio climático regional, el Departamento organizó un taller científico sobre cambios climáticos en el área fronteriza en la Universidad de Arizona en abril de 2008 (ver recuadro). Los resultados de ese taller se utilizaron para ayudar a preparar este informe, y se incluyen aquí las gráficas proporcionadas por los participantes.

Los efectos pronosticados de los cambios climáticos inducidos por el hombre provocarán un aumento del calentamiento y la sequedad en el suroeste de los Estados Unidos y el noroeste de México, exacerbando la competencia por los recursos finitos de agua de la región.

## RECONOCIMIENTOS ESPECIALES

El Departamento de Recursos Hídricos de California (CDWR, por sus siglas en inglés) copatrocinó un taller científico sobre cambios climáticos en la zona fronteriza junto con el Instituto Hídrico de Arizona en abril de 2008. La organización del taller fue facilitada por el Programa de Evaluación Climática del Sudoeste (CLIMAS, por sus siglas en inglés) de la Universidad de Arizona. El taller se concentró en particular en las cuencas del Río Colorado y el Río Bravo, que proporcionan gran parte del agua superficial de la región. CDWR aprecia la información contribuida por los participantes del taller para preparar este informe, y quisiera reconocer a los siguientes participantes:

**Christopher Castro**, *Universidad de Arizona*

**Plácido dos Santos**, *Instituto Hídrico de Arizona*

**Daniel Ferguson**, *CLIMAS*

**Gregg Garfín**, *CLIMAS*

**Brian Hurd**, *Universidad Estatal de Nuevo México*

**John Nielsen-Gammon**,  
*Universidad Texas A&M*

**Andrea Ray**, *Administración Nacional Oceánica y Atmosférica*

**Joellen Russell**, *Universidad de Arizona*

**Christopher Scott**, *Universidad de Arizona*

**Linda Stitzer**, *Departamento de Recursos Hídricos de Arizona*

**Robert Varady**, *Universidad de Arizona*

**Margaret Wilder**, *Universidad de Arizona*

**Connie Woodhouse**, *Universidad de Arizona*

CDWR también quiere agradecer a Gregg Garfín por haber revisado este informe, y expresa su apreciación por la asistencia provista por CLIMAS.

*Foto cortesía del Instituto Sonoran*

## Cambio climático – Reseña global



La precipitación estival es una componente importante de la precipitación anual total en partes de la región fronteriza. El Experimento del Monzón de América del Norte (NAME, por sus siglas en inglés), un programa de investigación científica, ha estado intentando comprender los procesos que afectan la formación de monzones y cómo predecirlos. Para respaldar este trabajo, NAME propone instalar un sistema regional de observación climática con instrumentación en el Golfo de California y Sonora.

El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) publicó su Cuarto informe de evaluación en 2007 con una importante declaración sobre los cambios climáticos inducidos por el hombre y sus efectos. IPCC es una entidad intergubernamental establecida por la Organización Meteorológica Mundial y el Programa Ecológico de las Naciones Unidas, que comenzó a realizar evaluaciones sobre cambios climáticos con un informe inicial publicado en 1990. Su Cuarto informe de evaluación (*Cambio climático 2007: informe de síntesis*) resalta los efectos de los cambios climáticos ya visibles en los registros medidos (figura 1), notando que:

- *El calentamiento del sistema climático es inequívoco, como evidencian ya los aumentos observados del promedio mundial de la temperatura del aire y del océano, el deshielo generalizado de nieves y hielos, y el aumento del promedio mundial del nivel del mar.*
- *A escala continental, regional y de las cuencas oceánicas se han observado numerosos cambios climáticos de largo plazo. Éstos incluyen cambios en la temperaturas y el hielo ártico, cambios extensos en los montos de precipitación, salinidad del océano, pautas eólicas y eventos meteorológicos extremos, como sequías, grandes precipitaciones, olas de calor y la intensidad de los ciclones tropicales.*
- *La mayor parte del aumento observado del promedio mundial de temperatura desde mediados del siglo XX se debe muy probablemente al aumento observado de las concentraciones de gases de invernadero antropógenos... Las influencias humanas discernibles se extienden ahora a otros aspectos del clima, incluyendo el calentamiento de los océanos, temperaturas continentales promedio, extremos de temperatura y pautas eólicas.*
- *El calentamiento antropógeno y el aumento del nivel del mar proseguirán durante siglos debido a la magnitud de las escalas de tiempo asociadas a los procesos y retroefectos climáticos, incluso aunque se estabilizasen las concentraciones de gases de invernadero.*
- *Las concentraciones atmosféricas mundiales de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso han aumentado notablemente por efecto de las actividades humanas desde 1750, y son actualmente muy superiores a los valores preindustriales, determinados a partir de núcleos de hielo que abarcan muchos milenios.*
- *La comprensión de las influencias del calentamiento y enfriamiento antropógeno sobre el clima han mejorado desde el TIE (Tercer informe de evaluación), permitiendo establecer con un grado de confianza muy alto que el efecto neto promedio mundial de las actividades humanas desde 1750 ha sido un aumento de la temperatura...*

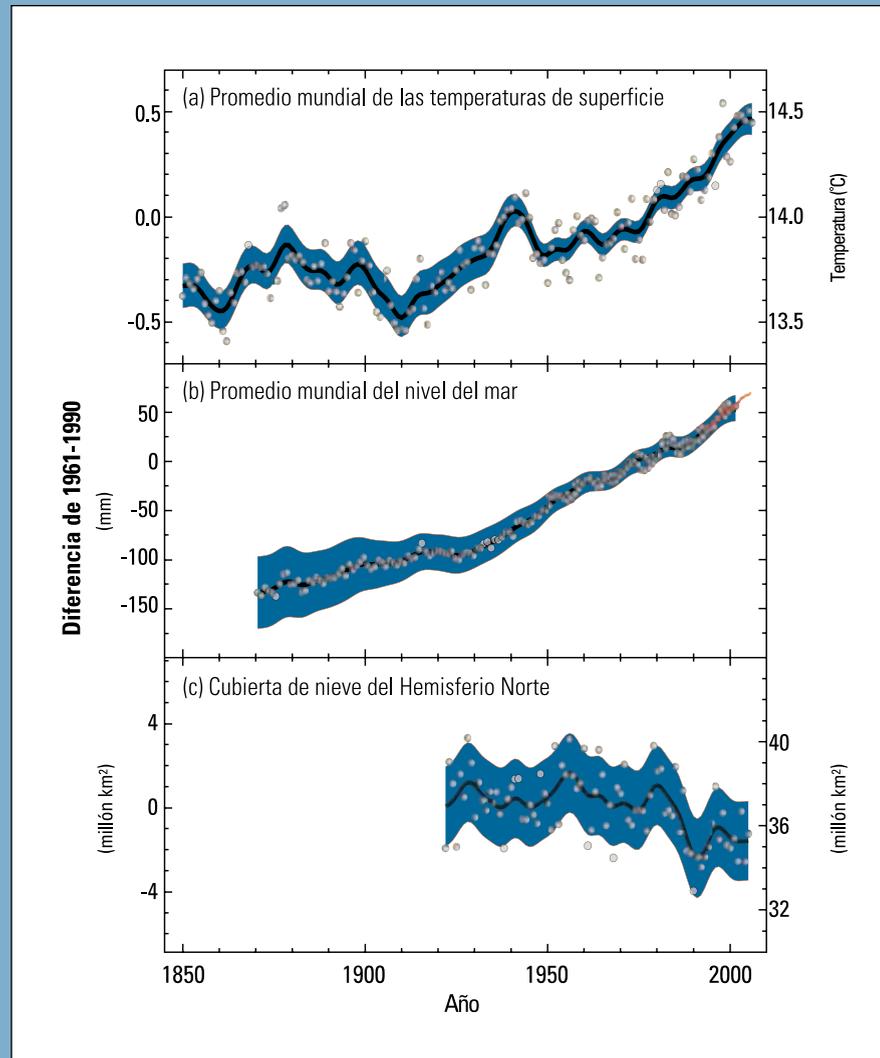


FIGURA 1

### Cambios de temperatura, nivel del mar y cubierta de nieve en el Hemisferio Norte

**Variación observada de:**

- (a) el promedio mundial de las temperaturas en superficie;
- (b) el promedio mundial del nivel del mar a partir de datos mareométricos (azul) y satelitales (rojo); y
- (c) la cubierta de nieve del Hemisferio Norte durante marzo-abril.

Todas las diferencias han sido calculadas respecto de los promedios correspondientes durante el período 1961-1990. Las curvas alisadas representan los valores promediados decenalmente, mientras que los círculos denotan los valores anuales. Las áreas sombreadas representan los intervalos de incertidumbre estimados a partir de un análisis completo de las incertidumbres conocidas (a y b) y de la serie temporal (c).

Fuente: Cuarta Evaluación del IPCC, Informe de síntesis, Figura 1.1 (IPCC Fourth Assessment, Synthesis Report, Figure 1.1)

De particular interés para las agencias hídricas, *Cambio climático 2007: informe de síntesis* del IPCC también destacó que *se prevé que el tipo, frecuencia e intensidad de eventos de los estados atmosféricos extremos cambie a medida que se produzcan cambios climáticos en la Tierra, y estos cambios se podrían producir aún con cambios climáticos promedio relativamente pequeños. Ya se han observado cambios en algunos tipos de eventos extremos, como por ejemplo un aumento en la frecuencia e intensidad de olas de calor y de fuertes precipitaciones. El informe continúa diciendo que se proyecta que los extremos húmedos se hagan más severos en muchas regiones donde se espera que la precipitación media aumente, y se proyecta que los extremos de sequedad se*

*Se pronostica que el cambio climático aumentará la frecuencia y severidad de las sequías en el sudoeste de los Estados Unidos y el noroeste de México, creando desafíos para la gestión de cuencas fluviales como las del Río Bravo.*



*harán más severos en áreas donde se espera que la precipitación media disminuya.* La *figura 2* ilustra los cambios modelados en las variables hidrológicas a escala global. Otras conclusiones del informe con respecto a los cambios climáticos que se proyectan son:

- *Es muy probable que toda la región de América del Norte se caliente durante este siglo... En las regiones del Norte, es probable que el calentamiento sea mayor durante el invierno, y en el sudoeste de los Estados Unidos durante el verano.*
- *Es probable que la precipitación media anual en el sudoeste de los Estados Unidos disminuya.*
- *Es muy probable que la duración de la estación de nieve y la profundidad de la nieve disminuyan en la mayor parte de América del Norte....*

Se pronostica que en la región fronteriza, donde la norma ha sido un crecimiento continuo de la población, se producirá una reducción de la precipitación atribuida al cambio climático. Si bien los dirigentes políticos a nivel estatal y federal se están concentrando cada vez más en estrategias para mitigar los efectos de los cambios climáticos, por medio de acciones tales como la formación de la Iniciativa Climática del Oeste en los Estados Unidos o la adopción de la Estrategia Nacional de Cambio Climático en México, la expectativa científica que el calentamiento global continuaría por siglos aunque se controlen inmediatamente las emisiones de gases de invernadero apunta a la necesidad de una gestión sustentable a largo plazo de los recursos hídricos del área de la frontera.

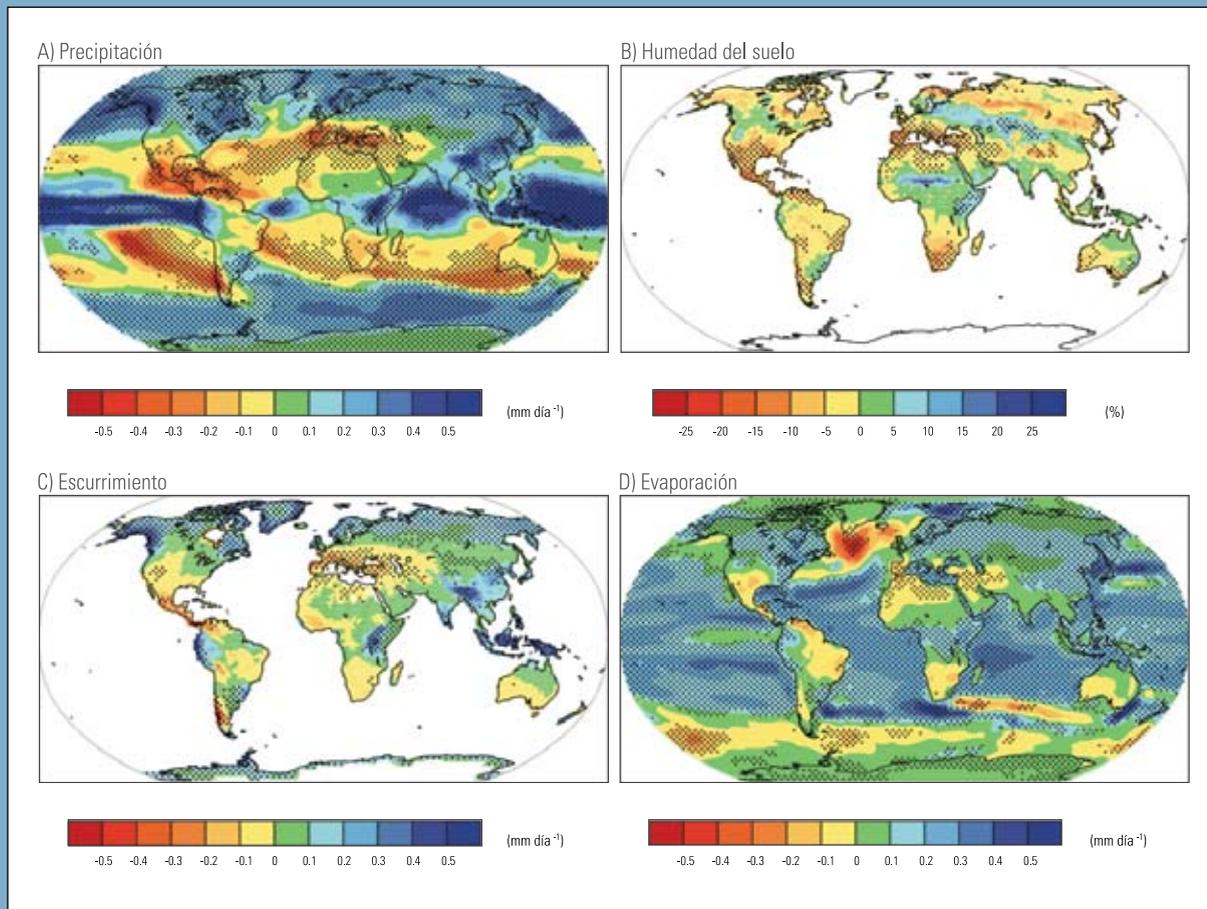


FIGURA 2

### Cambios modelados en las variables hidrológicas

**Promedios multimodelo de cambios en:**  
 (a) precipitación (mm/día),  
 (b) contenido de humedad del suelo (%),  
 (c) escurrimiento (mm/día) y  
 (d) evaporación (mm/día).

Para indicar congruencia en el signo del cambio, se marcan con líneas punteadas las regiones donde por lo menos el 80% de los modelos concuerdan con el signo del cambio promedio. Los cambios se refieren a promedios anuales para el escenario A1B del IE-EE en el periodo de 2080 a 2099, con respecto a 1980-1999. La humedad del suelo y cambios de escurrimiento se muestran en puntos terrestres con datos válidos de por los menos 10 modelos.

Fuente: Cuarta Evaluación del IPCC, Informe del Grupo de Trabajo 1, Figura 10.12 (IPCC Fourth Assessment, Working Group 1 Report, Figure 10.12)

## Mitigación y adaptación al cambio climático en California

**La orden ejecutiva S-3-05 del Gobernador, dada en junio de 2005, reconoció que: será necesario realizar esfuerzos de mitigación para reducir las emisiones de gases de invernadero, y esfuerzos de adaptación para preparar a los californianos para las consecuencias del calentamiento global.**

La orden estableció metas de reducción de emisiones y ordenó la preparación bienal de planes de mitigación y adaptación para responder al impacto de los cambios climáticos, incluyendo el impacto al suministro de aguas, la salud pública, la agricultura, la costa y los bosques. Posteriormente, la Ley de Soluciones para el Calentamiento Global de California de 2006 (Leyes estatales de 2006, capítulo 488) exigió el desarrollo de reglamentos y mecanismos de mercado para reducir las emisiones de gases de invernadero en California por un 25 por ciento en 2020. California también ha firmado acuerdos con otros estados y naciones para cooperar en la detección y gestión de emisiones de gases de invernadero y el desarrollo de fuentes limpias de energía.

El Equipo de Acción Climática (CAT, por sus siglas en inglés) de California, un grupo de dependencias estatales formadas como consecuencia de la orden ejecutiva del Gobernador, elaboró su primer informe bienal sobre adaptación en 2006. Con respecto al sector hídrico, el informe concluyó que:

- *Para el periodo 2035 a 2064, la acumulación de nieve en la Sierra Nevada puede disminuir del 10 al 40 por ciento, dependiendo de los patrones de calentamiento y precipitación. Para fin de siglo, la acumulación de nieve podría disminuir hasta el 90 por ciento si las temperaturas subieran al nivel de calentamiento más alto pronosticado, casi el doble de la pérdida que ocurriría si la temperatura se mantuviera en la gama de calentamiento más baja pronosticada.*
- *El caudal de agua en los embalses principales de la Sierra Nevada podría disminuir del 25 al 30 por ciento si la temperatura subiera al nivel medio pronosticado, y la precipitación podría disminuir aproximadamente un 20%.*
- *... a medida que continúe el aumento del nivel del mar, se podrían exceder los criterios históricos para estructuras costeras, la duración de los eventos meteorológicos aumentará, y estos eventos serán cada vez más frecuentes. En las costas abiertas, el impacto de dichos eventos se continuará exacerbando por las altas mareas provocadas por el viento, las olas y, en el delta de Sacramento/San Joaquín del estuario de la Bahía de San Francisco, por inundaciones que pueden poner en peligro los diques y otras estructuras de protección.*

*Los modelos climáticos globales y simulaciones de emisiones utilizadas por el Informe inicial sobre adaptación de California de 2006 para examinar el impacto a los recursos hídricos proyectaron un aumento de temperatura (2000 a 2100) de aproximadamente 1.7°C a 3.0°C (3.0°F a 5.4°F) en la gama inferior de calentamiento proyectado, 3.1°C a 4.3°C (5.5°F a 7.8°F) en la gama media y 4.4°C a 5.8°C (8.0°F a 10.4°F) en la gama superior. Para poner estas cifras en perspectiva, la gama superior de calentamiento proyectado es mayor que la diferencia en temperatura media anual entre San Francisco y San Jose.*





## **Estrategia nacional de cambio climático en México**

**En 2007, la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático de México publicó su *Estrategia Nacional de Cambio Climático*.**

La estrategia nacional describe en detalle la mitigación propuesta de gases de invernadero en los sectores de energía, forestaría y uso de tierras, y describe las bases de una estrategia nacional de adaptación. La estrategia identifica prioridades de adaptación, como:

- Revisar la estructura institucional para manejar los riesgos asociados con amenazas hidrometeorológicas.
- Diseñar y poner en práctica un programa de modelo climático como parte del sistema de información climática nacional.
- Promover acciones para reducir la vulnerabilidad y el riesgo en los planes de desarrollo locales, estatales y regionales.

La estrategia también sugiere aumentar las investigaciones y la capacidad de adaptación en materia de gestión de recursos hídricos, gestión de riesgos hidrometeorológicos y gestión costera. Algunas áreas específicas de promoción o desafío son:

- Diseñar un programa para promover la recarga de acuíferos.
- Ajustar la tecnología de tratamiento de aguas a los cambios en las condiciones climáticas.
- Hacer planes para el desarrollo de infraestructura costera teniendo en cuenta un aumento de 40 centímetros en el nivel medio del mar para fin de siglo.
- Desarrollar pronósticos climáticos estacionales y simulaciones regionales.





# agua

en la región fronteriza

2  
CAPÍTULO



## Trasfondo y escenario

**La frontera internacional, que se extiende 1,954 millas (de acuerdo a la Comisión Internacional de Límites y Aguas), desde el Océano Pacífico hasta el Golfo de México, abarca cuatro estados en los**

Estados Unidos y seis en México (*figura 3*). Tal como se indica en el *cuadro 1*, se pronostica un crecimiento significativo de población en la mayoría de estos estados en las próximas décadas. El *cuadro 2* proporciona información reciente sobre el nivel de población en municipalidades selectas de la zona fronteriza y municipalidades que dependen de los ríos internacionales principales. De acuerdo a la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF), alrededor del 90 por ciento de la población fronteriza se halla en catorce comunidades apareadas a través de la frontera. La *figura 4* muestra la concentración de población a lo largo de la frontera. La región fronteriza es un contribuyente importante a las economías nacionales, sobre todo para México (*figura 5*), si bien es la zona más seca del país (*figura 6*).

La mayor parte de la región fronteriza se caracteriza por condiciones áridas o semiáridas. La región noroeste de la frontera (la costa de

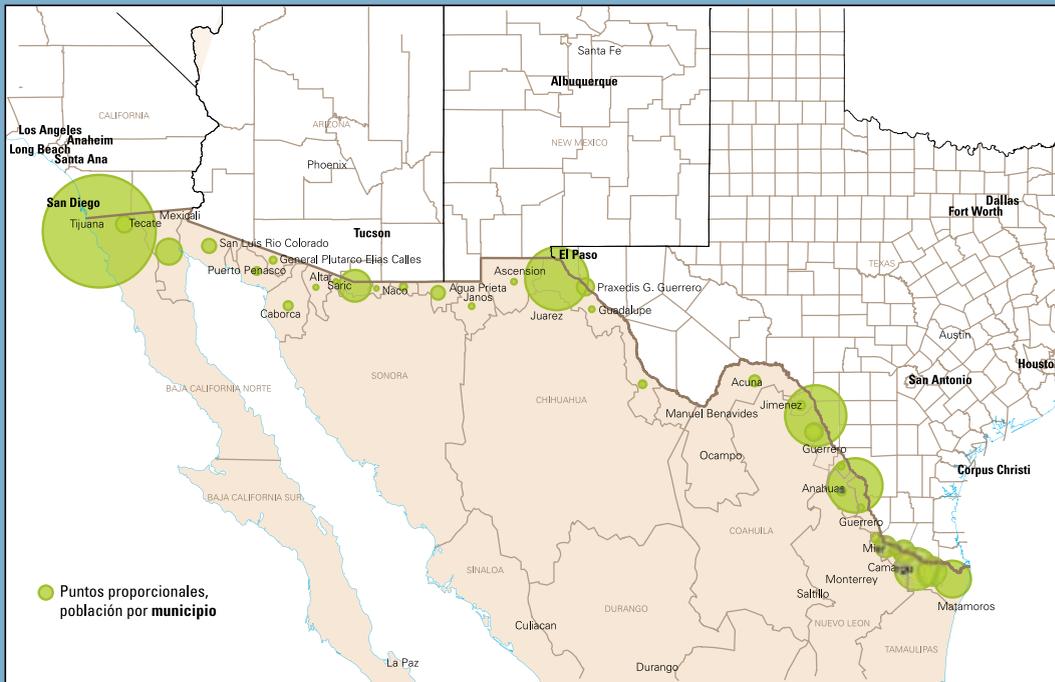
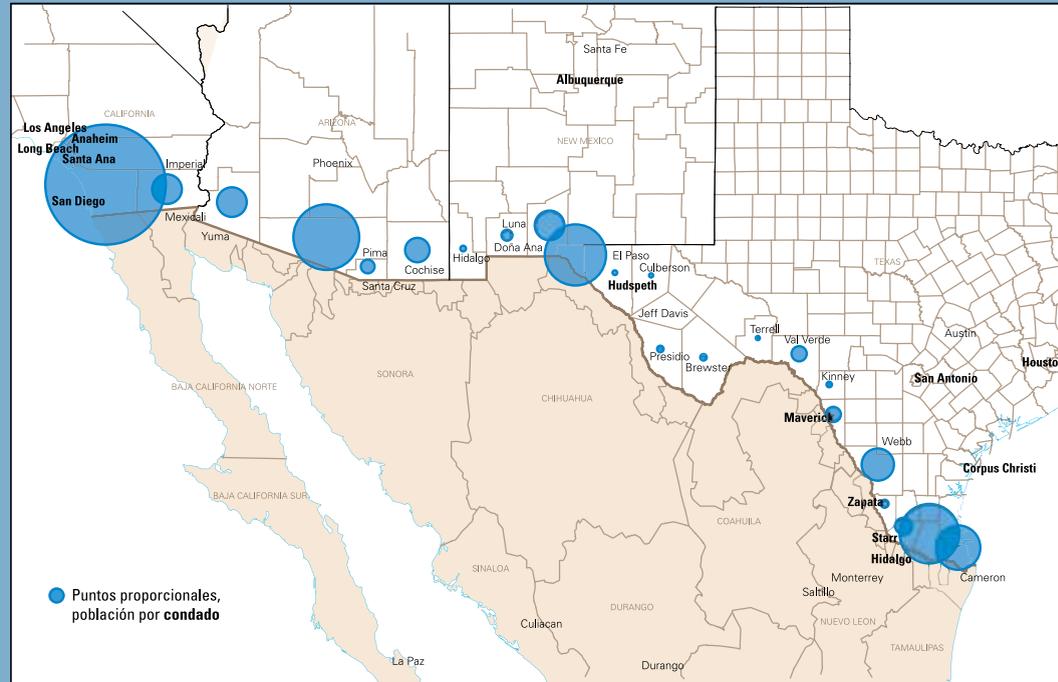
California) se caracteriza por un clima mediterráneo, con inviernos moderados y lluviosos, y veranos calientes y secos. Hacia el este, se desarrolla un área de alta presión en el verano en la región de las Cuatro Esquinas, creando un patrón de vientos que trae humedad del Golfo de California, el Golfo de México y el Pacífico tropical, creando el monzón de América del Norte. La *figura 7* muestra la importancia relativa de las precipitaciones estivales en las áreas afectadas por el monzón. Las lluvias locales, no obstante, suplen en forma directa sólo parte de las necesidades de agua de la región fronteriza. Las fuentes principales de agua son los sistemas del Río Colorado y el Río Bravo, y las aguas subterráneas. Las cuencas internacionales del Río Colorado y el Río Bravo son las principales cuencas fluviales del sudoeste de los Estados Unidos y el noroeste de México. Otros ríos internacionales mucho menores son el Tijuana, Nuevo, San Pedro y Santa Cruz. El escurrimiento, tanto en las cuencas del Río Colorado como del Río Bravo, está ligado al derretimiento de nieves, y una porción relativamente pequeña de las vertientes superiores de ambas cuencas contribuyen la mayor parte del escurrimiento. El Río Colorado es, de lejos, el más grande de los dos en término de caudal.



FIGURA 3

**Mapa de la región fronteriza**

...se pronostica un crecimiento significativo de población en la mayoría de estos estados en las próximas décadas. De acuerdo a la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF), alrededor del 90 por ciento de la población fronteriza se halla en catorce comunidades apareadas a través de la frontera.



### Densidad de población por condado/municipio en 2004

Fuente: Coalición de Condados de la Frontera entre EE.UU. / México

"En la encrucijada: condados de la frontera entre EE.UU. / México en transición" ("At the Cross Roads: US / Mexico Border Counties in Transition")

FIGURA 4

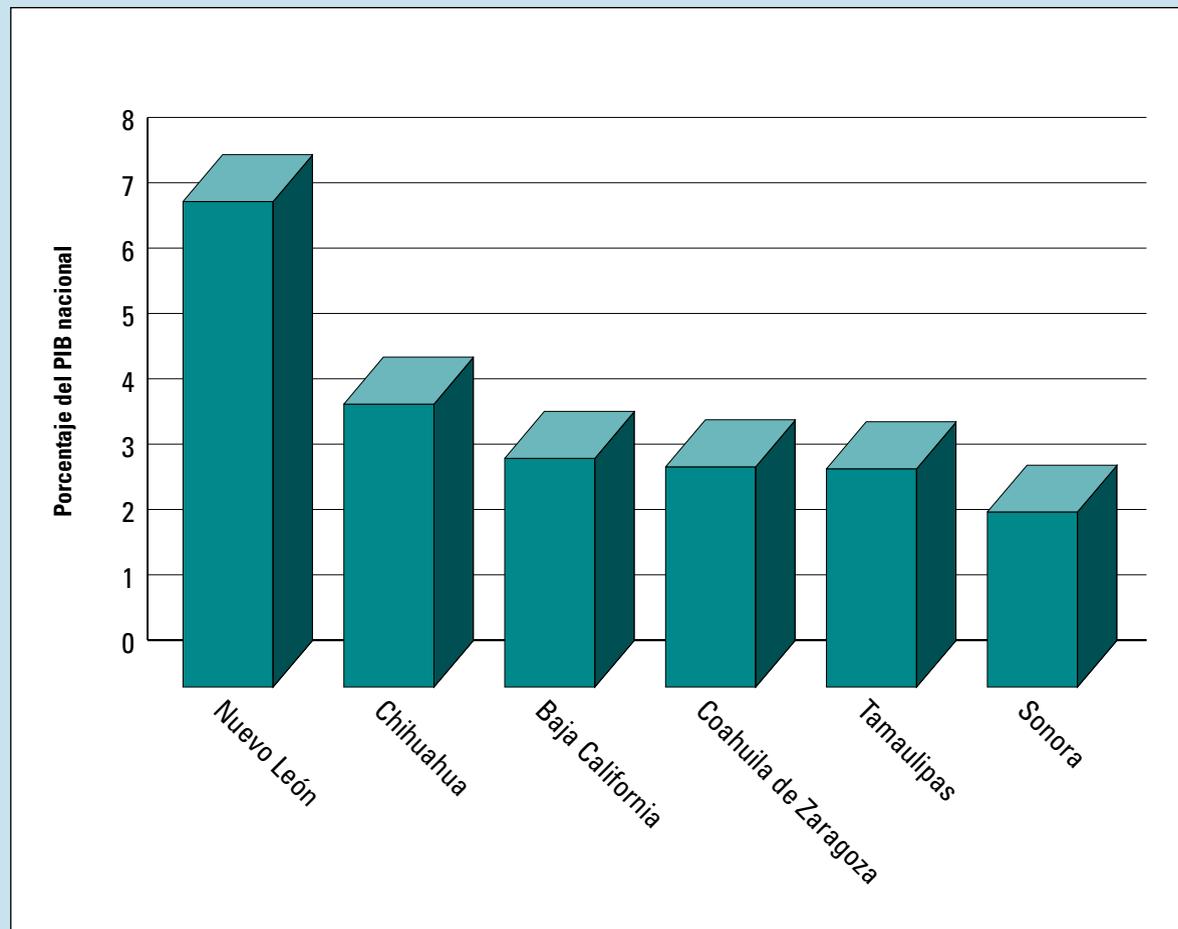
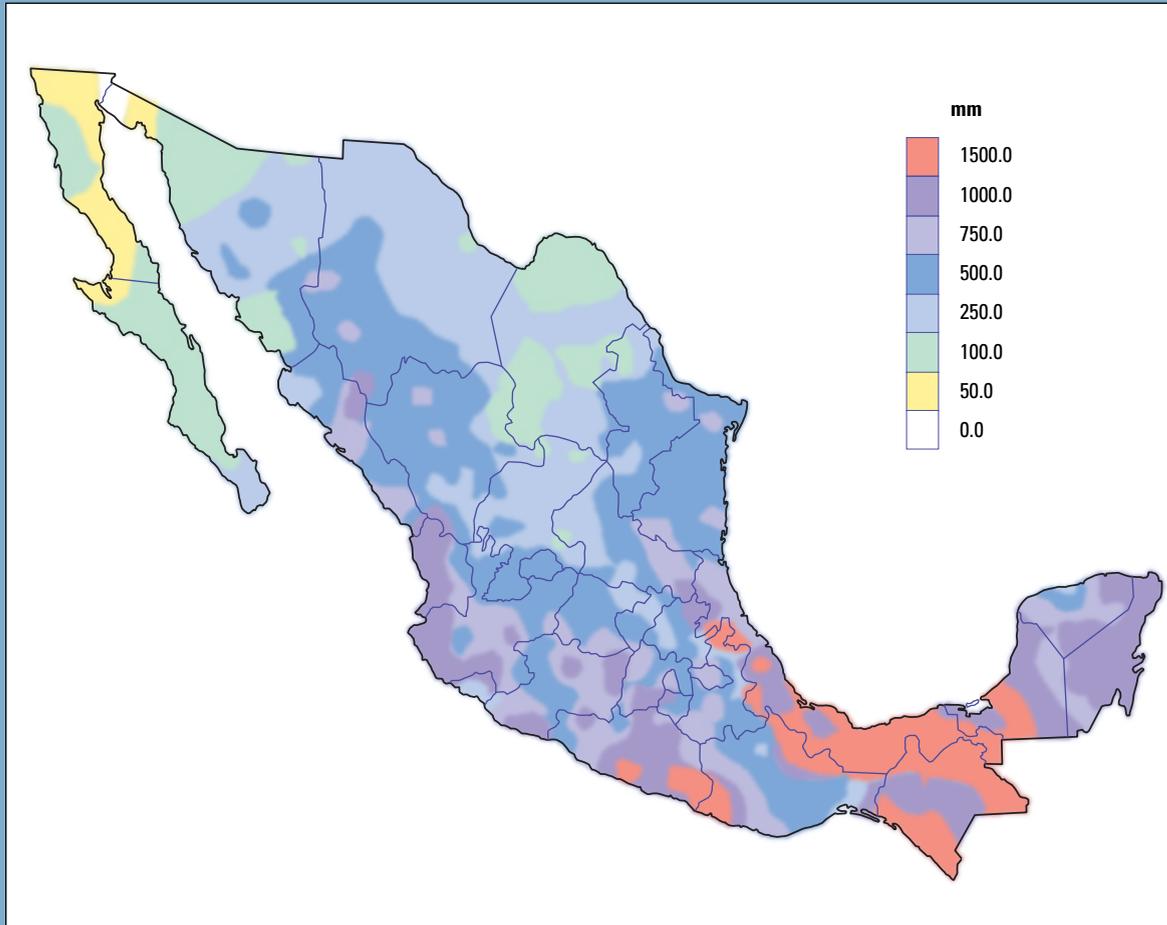


FIGURA 5

Porcentaje del producto bruto interno por estado

Fuente: CNA, 2007



La región fronteriza es un contribuyente importante a las economías nacionales, sobre todo para México, si bien es la zona más seca del país...

FIGURA 6

### Precipitación anual en México, 2006 (milímetros)

Fuente: CNA, 2007

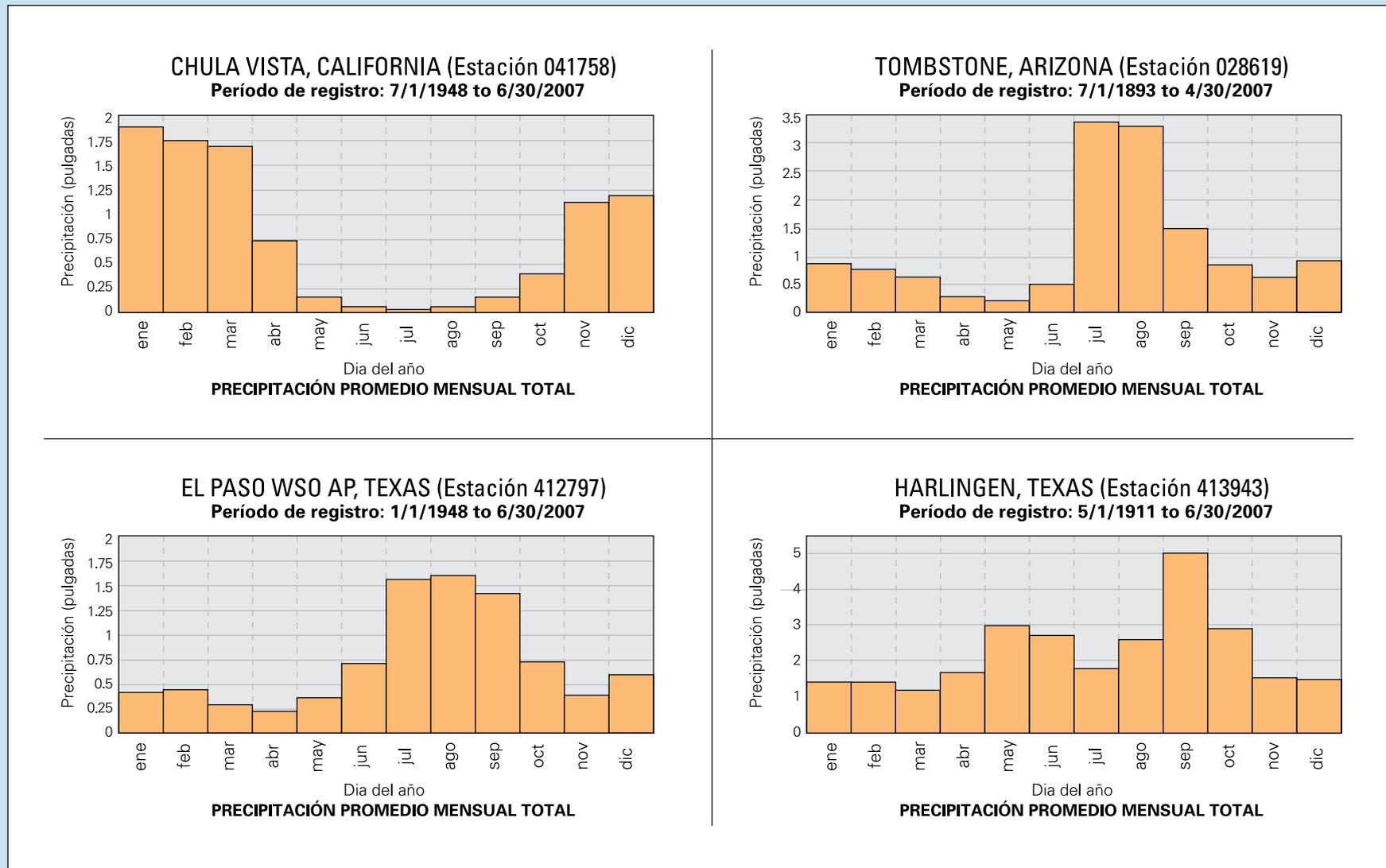


FIGURA 7

**Ejemplo de la estacionalidad de la precipitación**

Fuente de datos: Centro de Clima Regional del Oeste, compilado por Gregg Garfin, Universidad de Arizona



Tal como se indica en el cuadro 1, se pronostica un crecimiento significativo de población en la mayoría de estos estados en las próximas décadas. El cuadro 2 proporciona información reciente sobre el nivel de población en municipalidades selectas de la zona fronteriza y municipalidades que dependen de los ríos internacionales principales.

### Estimaciones y proyecciones de población en los estados fronterizos (millones)

ESTADO	ESTIMACIÓN DE 2005	PROYECCIÓN PARA 2030
California	36.1	46.4
Arizona	5.9	10.7
Nuevo México	1.9	2.1
Texas	22.9	33.3
Baja California	2.8	5.1
Sonora	3.3	3.8
Chihuahua	2.5	3.1
Coahuila	4.2	5.4
Nuevo León	2.4	2.8
Tamaulipas	3.0	3.8

**CUADRO 1** - Fuente: Agencia de Censo de los Estados Unidos y Consejo Nacional de Población

### Estimaciones de población (millones) en 2005 para municipalidades selectas

MUNICIPALIDAD	ESTIMACIÓN DE 2005
San Diego	2.9
Las Vegas	1.7
Phoenix	3.9
El Paso	0.72
Tijuana	1.4
Mexicali	0.85
Ciudad Juárez	1.3

**CUADRO 2** - Fuente: Agencia de Censo de los Estados Unidos y Consejo Nacional de Población  
Las cifras de los Estados Unidos se refieren a áreas estadísticas metropolitanas

## Fuentes de agua

El Río Colorado se origina en la cuenca del Río Green en Wyoming y atraviesa partes de siete estados de los Estados Unidos antes de entrar en México y desaguar en el Golfo de California. A fines administrativos, se divide en una cuenca superior y una cuenca inferior, separadas por Lee Ferry, aguas arriba del Lago Powell. La cuenca fluvial está dominada en gran medida por el derretimiento de las nieves. Alrededor del 15 por ciento de su vertiente, en las áreas de gran elevación de Wyoming y Colorado, contribuyen el 85 por ciento del caudal inalterado promedio del río, que es de alrededor de

15 millones de acres pies (MAF, por sus siglas en inglés). Se ha desarrollado una capacidad de acumulación de agua de casi 60 MAF en la vía principal y sus tributarios. Los dos embalses más grandes son el Lago Powell, con 24 MAF, en la cuenca superior, y el Lago Mead, con 26 MAF, en la cuenca inferior.

Los derechos de uso del agua del Río Colorado están gobernados por un marco legal extenso y complejo, e incluyen pactos interestatales, legislación federal y estatal, decretos judiciales y un tratado internacional. El *cuadro 3* reseña la asignación básica de agua del Río Colorado.



### Prorrateo anual de uso de agua del Río Colorado

(millones de acres-pies de consumo)

<b>Estados de la cuenca superior</b> (Wyoming, Colorado, Utah, Nuevo México, pequeña porción de Arizona)	7.5
<b>Estados de la cuenca inferior</b> (California, Arizona, Nevada)	7.5
California	4.4
Arizona	2.8
Nevada	0.3
<b>México</b>	1.5

**CUADRO 3** - Notas: 1. Los estados de la cuenca inferior comparten 1 MAF de agua sobrante, de estar disponible.  
2. El prorrateo de México incluye 200 mil pies-acres (200 TAF) de agua sobrante, de estar disponible. La entrega de agua a México tiene que cumplir con ciertas especificaciones de salinidad.

*El bajo nivel del agua en el embalse del Lago Mead refleja la sequía persistente en la cuenca.*

## **El tratado de 1944**

**El tratado de 1944 para “Utilización de aguas de los Ríos Colorado y Tijuana, y del Río Bravo” asignó las aguas del Río Colorado y del Río Bravo entre las dos naciones**, y especificó las obras de ingeniería, tales como estructuras de derivación y represas (por ejemplo, las represas Amistad y Falcón en el Río Bravo), necesarias para concretar estas asignaciones. El tratado también ordenó la preparación de estudios sobre asignación y gestión del Río Tijuana, y estudios y ejecución de obras de control de inundaciones en la zona de influencia del Río Bravo (desde Fort Quitman hasta el Golfo de México). El tratado es administrado por las secciones estadounidense y mejicana de la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA), quienes comparten la responsabilidad por la explotación y mantenimiento de las obras internacionales.



**Los ocho años hídricos desde el 2000 hasta el 2007 marcaron un periodo de sequía sin precedentes en la cuenca del Río Colorado, si se lo compara con el periodo histórico de aproximadamente 100 años de registros hidrológicos medidos.** Los usuarios de agua del Río Colorado en los Estados Unidos y México no experimentaron una reducción en sus envíos gracias a la gran capacidad de almacenamiento de la cuenca. El almacenamiento total del sistema de embalses de la cuenca cayó a un mínimo del 52 por ciento de su capacidad en 2004; el almacenamiento total del sistema al finalizar el año hídrico 2007 era del 54 por ciento de su capacidad. La posibilidad de escasez de agua debido a sequías será cada vez más probable en el futuro, a medida que la demanda sobre el sistema fluvial aumente, tal como lo demuestra la reciente simulación de la Oficina de Restauración de los Estados Unidos (USBR, por sus siglas en inglés) (*figura 8*) de criterios iniciales de escasez de agua de embalse. Como lo indica la figura, todas las alternativas examinadas por la USBR en su Declaración de Impacto Ambiental (EIS, por sus siglas en inglés) muestran una probabilidad de escasez de agua de cierta magnitud en el futuro.

El Río Bravo nace en las montañas de San Juan, en el sur de Colorado, fluye a través de Nuevo México, forma la frontera internacional entre Texas y México, y desagua en el Golfo de México. El área de vertiente se divide casi por partes iguales entre los Estados Unidos y México. La cuenca superior del Río Bravo abarca desde su vertiente inicial en Colorado hasta Fort Quitman en Texas (aproximadamente 60 millas aguas abajo de El Paso). La cuenca inferior del Río Bravo, desde Fort Quitman hasta el Golfo, absorbe los tributarios más grandes del río, como el Río Pecos y Río Devil en Texas, y el Río Conchos, Río Salado y Río San Juan en México.

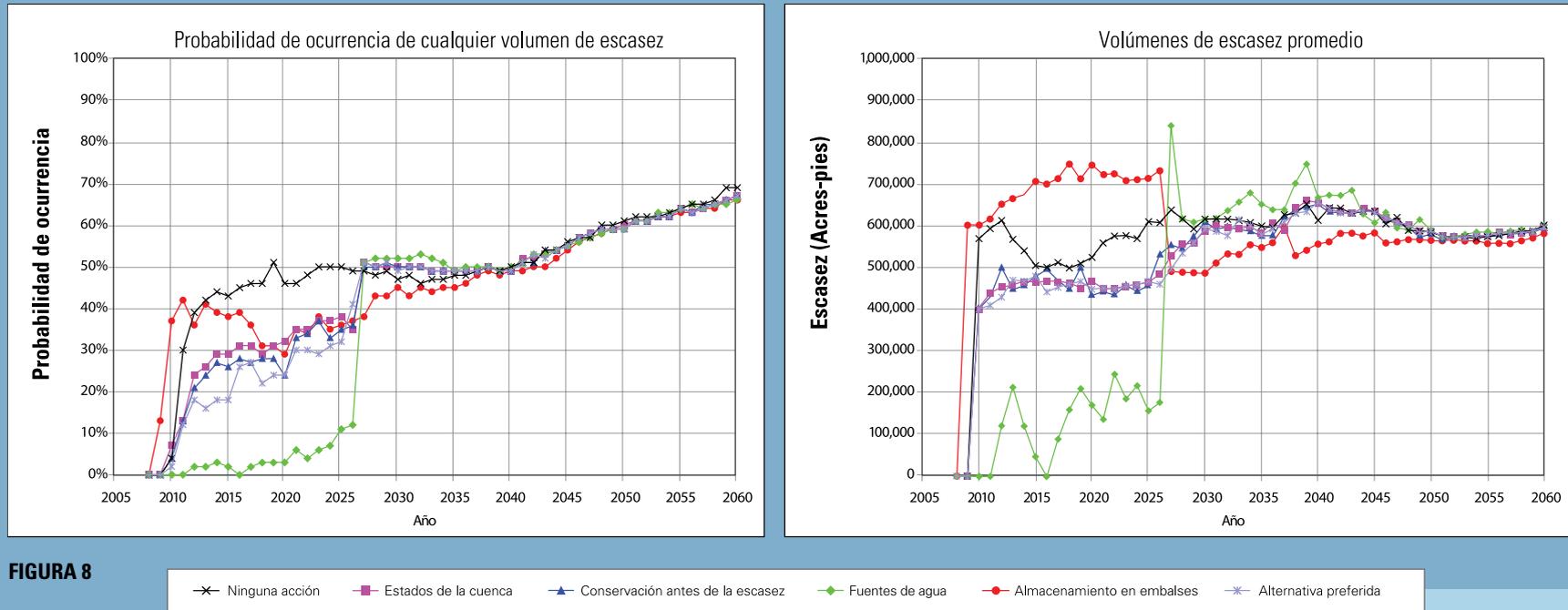
Hay sólo dos embalses grandes en el cauce principal del Río Bravo superior, ambos en Nuevo México: Elephant Butte y Caballo, ambos administrados por la USBR. (Además, el Río Bravo Superior recibe una derivación de la cuenca superior del Río Colorado a través del proyecto San Juan-Chama de la USBR, que contribuye alrededor de 94 TAF anuales.) El Río Bravo Inferior tiene dos embalses de almacenamiento internacionales en su cauce principal: Amistad y Falcon. La mayoría de los demás embalses del Río Bravo Inferior se encuentran en los tributarios mexicanos, como el Río Conchos. En total, aproximadamente la mitad de los 18 MAF de almacenamiento de la cuenca se encuentran en México, mientras que la otra mitad se encuentra en los Estados Unidos y en la sección internacional del cauce principal. Las cuencas superior e inferior están relativamente desconectadas entre sí hidráulicamente. El escurrimiento de la cuenca superior (caudal anual de alrededor de 1.1 MAF en el punto de recuento del Pacto del medidor de Otowi en Nuevo México) se utiliza en su mayoría dentro de esa cuenca. En la cuenca inferior, el caudal del cauce principal está dominado por el aporte de los tributarios mexicanos, en particular el Río Conchos, que tiene su vertiente en la Sierra Madre Occidental en Chihuahua.

*El embalse Elephant Butte de 2 MAF de la USBR en el Río Bravo superior es el más grande de Nuevo México.*



*Foto cortesía de USBR*

Escasez en la cuenca inferior, voluntaria e involuntaria  
 Comparación de alternativas de acción con la alternativa de no actuar



**Probabilidad de escasez futura en la cuenca inferior del Río Colorado**

Fuente: Declaración de Impacto Ambiental final de la USBR, Lineamientos internos del Río Colorado para casos de escasez de agua en la cuenca inferior y para las operaciones coordinadas del Lago Powell y del Lago Mead, 2007.

Las aguas del Río Bravo Superior se reparten entre Colorado, Nuevo México y Texas, bajo un pacto firmado en 1938. El segmento internacional del río es regido por dos tratados firmados entre los Estados Unidos y México. Aguas arriba de Fort Quitman, la Convención de 1906 obliga a los Estados Unidos a entregar 60 TAF de agua del Río Bravo a México en Ciudad Juárez. Aguas abajo de Fort Quitman, el Tratado de Aguas de 1944 reparte el caudal del río y de tributarios específicos en distintos porcentajes entre ambas naciones. La única cantidad específica de agua que se identifica en el tratado se refiere a un requisito que un tercio del caudal aportado al cauce principal de tributarios específicos de México (incluyendo el Río Conchos), pero no menos que un promedio de 350 TAF anuales en un ciclo de cinco años consecutivos, serán asignados a los Estados Unidos.

*El costo estimado de la nueva planta de osmosis inversa de El Paso para el tratamiento de aguas subterráneas salobres fue de \$95 millones.*

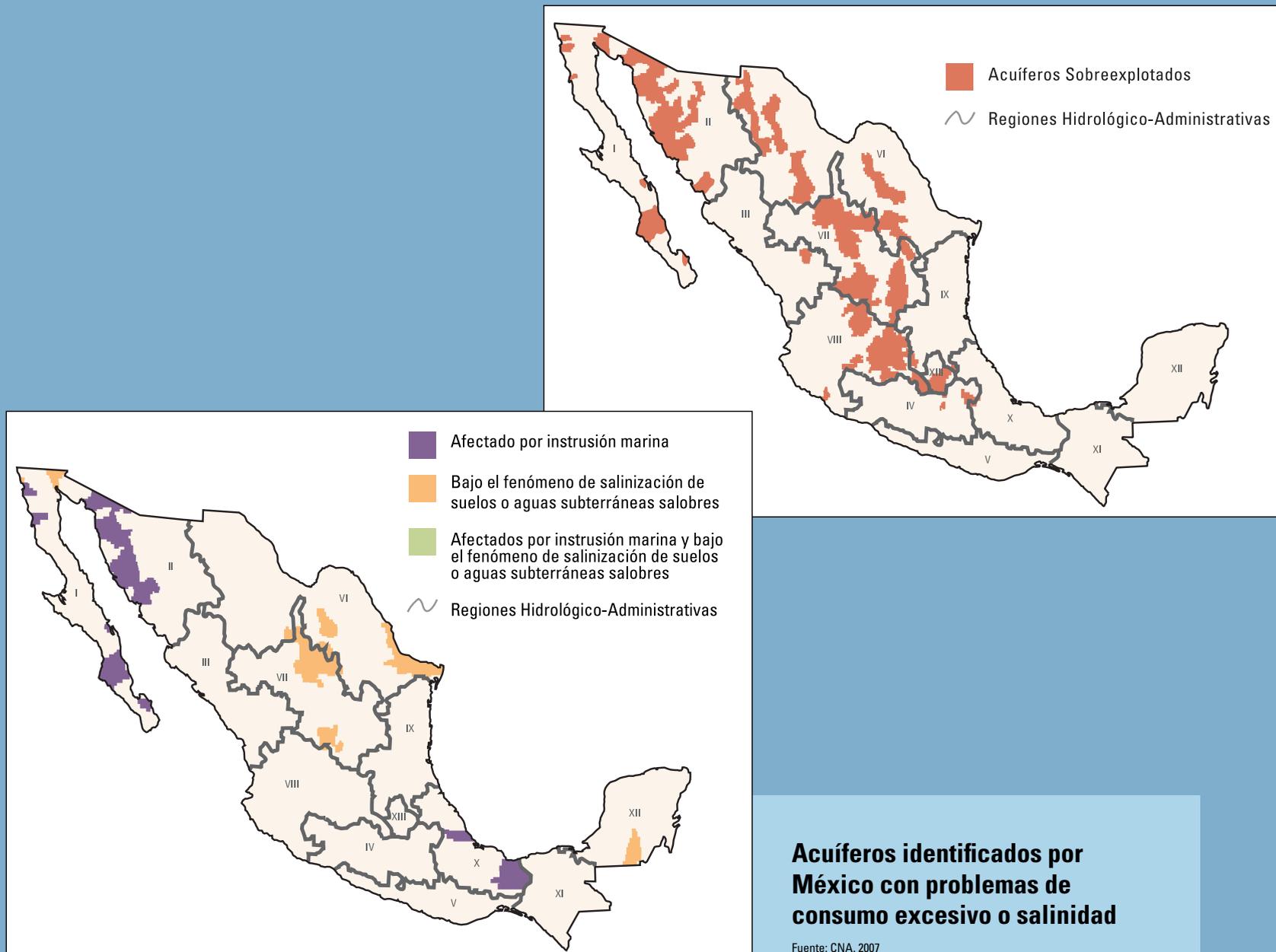


*Foto cortesía de CDM*

El sistema del Río Bravo experimentó un periodo de sequía prolongado a fines de la década de 1990 y principios de la década del 2000. Con respecto a la sequía del Río Bravo, los gobernadores de los estados fronterizos adoptaron una declaración conjunta en su Conferencia de Gobernadores Fronterizos de 2007:

*Trabajar con el propósito de obtener para diciembre de 2009 (en función del desarrollo de los trabajos) una definición de los criterios mediante los cuales una condición de sequía y de sequía extraordinaria sería identificada en la cuenca del Río Bravo en relación a la Sección II del Tratado Internacional de Agua de 1944. Ello deberá facilitar el entendimiento y la instrumentación de los acuerdos internacionales en materia de agua, incluso en condiciones climáticas adversas. La propuesta sería puesta a consideración de los gobiernos federales de ambos países.*

Las aguas subterráneas también son un recurso importante en el área fronteriza. Los acuíferos trasfronterizos oscilan en importancia desde pequeñas cuencas, con extracciones mínimas, hasta unas pocas cuencas de gran notoriedad, como el Bolsón del Hueco y el Bolsón Mesilla (compartidos entre Nuevo México, Texas y México) que son fuentes importantes de agua para las zonas urbanizadas. En el lado mexicano de la frontera, los acuíferos que tienen exceso de consumo o problemas de gestión de la calidad del agua (salinidad) se identifican en la *figura 9*. En los Estados Unidos existen problemas similares de gestión del agua. La ciudad de El Paso, por ejemplo, acaba de completar la construcción de una planta de desalinización de aguas subterráneas salobres de 27.5 MGD para usar el gran volumen de agua salobre del Bolsón del Hueco.



**FIGURA 9**

## Usos del agua

Se ha construido un amplio sistema de infraestructura hídrica, sobre todo en la cuenca del Río Colorado, para llevar agua desde los sistemas fluviales principales a las áreas que la necesitan. El *cuadro 4* enumera algunas de las instalaciones de transporte de agua más grandes. A lo largo de la región, el sector dominante de uso de agua es la agricultura. La *figura 10* muestra un ejemplo de la asignación relativa del uso de agua por tipo en los estados de México que limitan con los Estados Unidos. Se pronostica que las demandas urbanas de agua constituirán un porcentaje creciente del uso total de agua a medida que siga creciendo la población de la región, ilustrado por la región de planeación del Río Bravo en Texas en la *figura 11*, tomada del plan estatal de aguas de Texas de 2007. Se espera que la conservación de agua y el uso mejorado del agua para fines agrícolas sean



*De acuerdo a información de la Coalición de Condados Fronterizos EE.UU./México para el lado estadounidense de la frontera, la economía agrícola de Nuevo México es una de las más influenciadas por la contribución de la agricultura del área fronteriza (figura 12).*

componentes importantes para poder suplir las necesidades futuras de agua en la región fronteriza. Reflejando la importancia de mejorar la eficiencia en el uso de agua, los gobernadores de los estados fronterizos adoptaron una declaración conjunta en su Conferencia de Gobernadores Fronterizos de 2007:

*Continuar trabajando con la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza, el Banco de Desarrollo de América del Norte, la Oficina de Restauración del Departamento del Interior de los Estados Unidos, y otras entidades con fondos disponibles para financiar mejoras a la infraestructura de transporte del agua, incluso financiamiento para la identificación, desarrollo, y construcción de proyectos para todos los sectores usuarios de agua...*

Las mejoras a la infraestructura hídrica fronteriza existente jugarán un papel importante en cumplir con las necesidades futuras de agua de la región. Las necesidades urbanas actuales del área metropolitana de Tijuana, por ejemplo, están poniendo a prueba la capacidad del acueducto de Tijuana del Río Colorado. El Acta 287 de la CILA, adoptada en 1992, autorizó la entrega de una porción de las aguas del Río Colorado que corresponde a México a Tijuana utilizando la infraestructura de los Estados Unidos en vez del acueducto de Tijuana cuando éste no se encontrara disponible. Se encuentra actualmente bajo consideración la adopción de un acta actualizada sobre este tema.

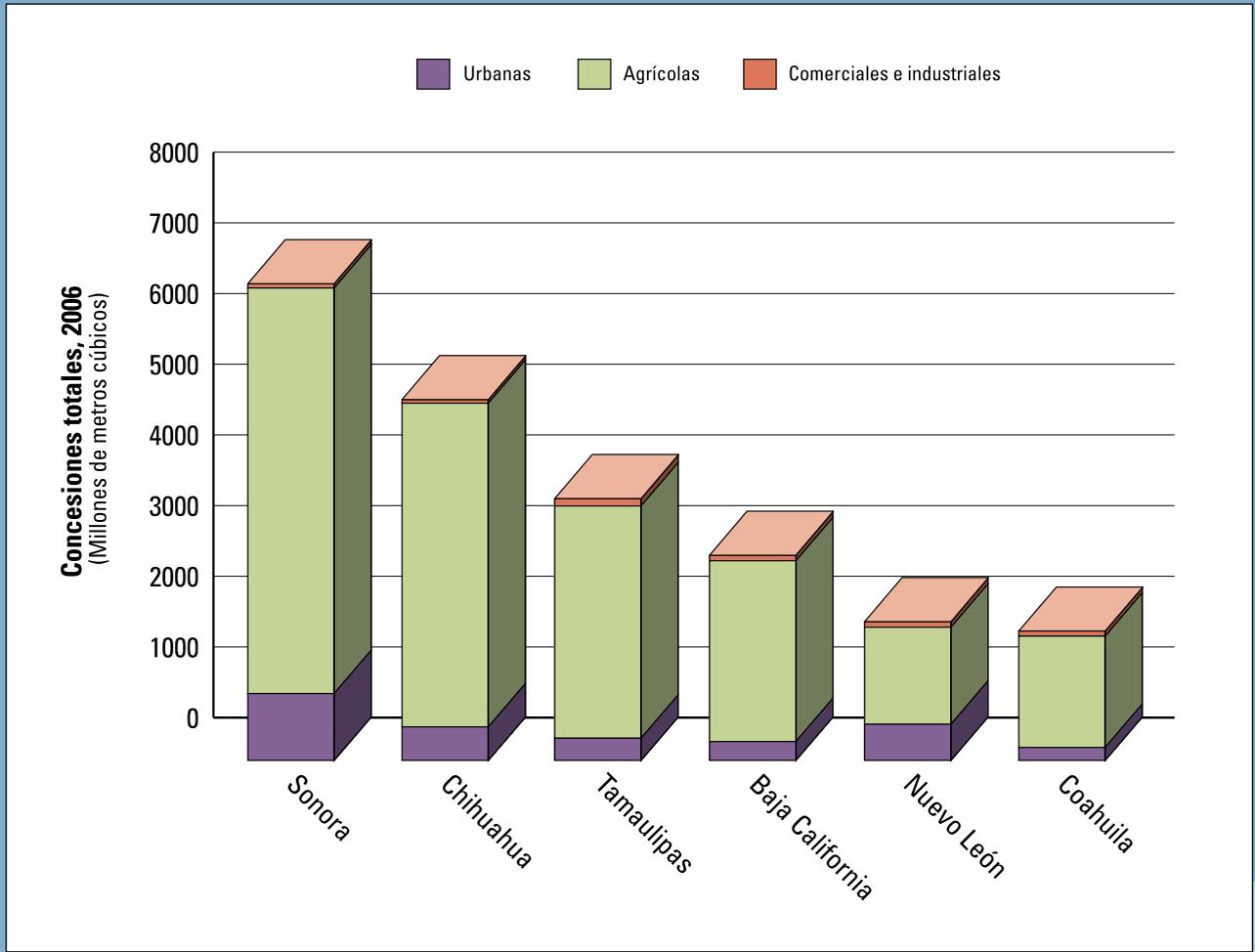


FIGURA 10

**Volúmenes de agua bajo concesión, por tipo de uso**

Nota: No incluye el uso de agua para generación eléctrica.

Fuente: CNA, 2007

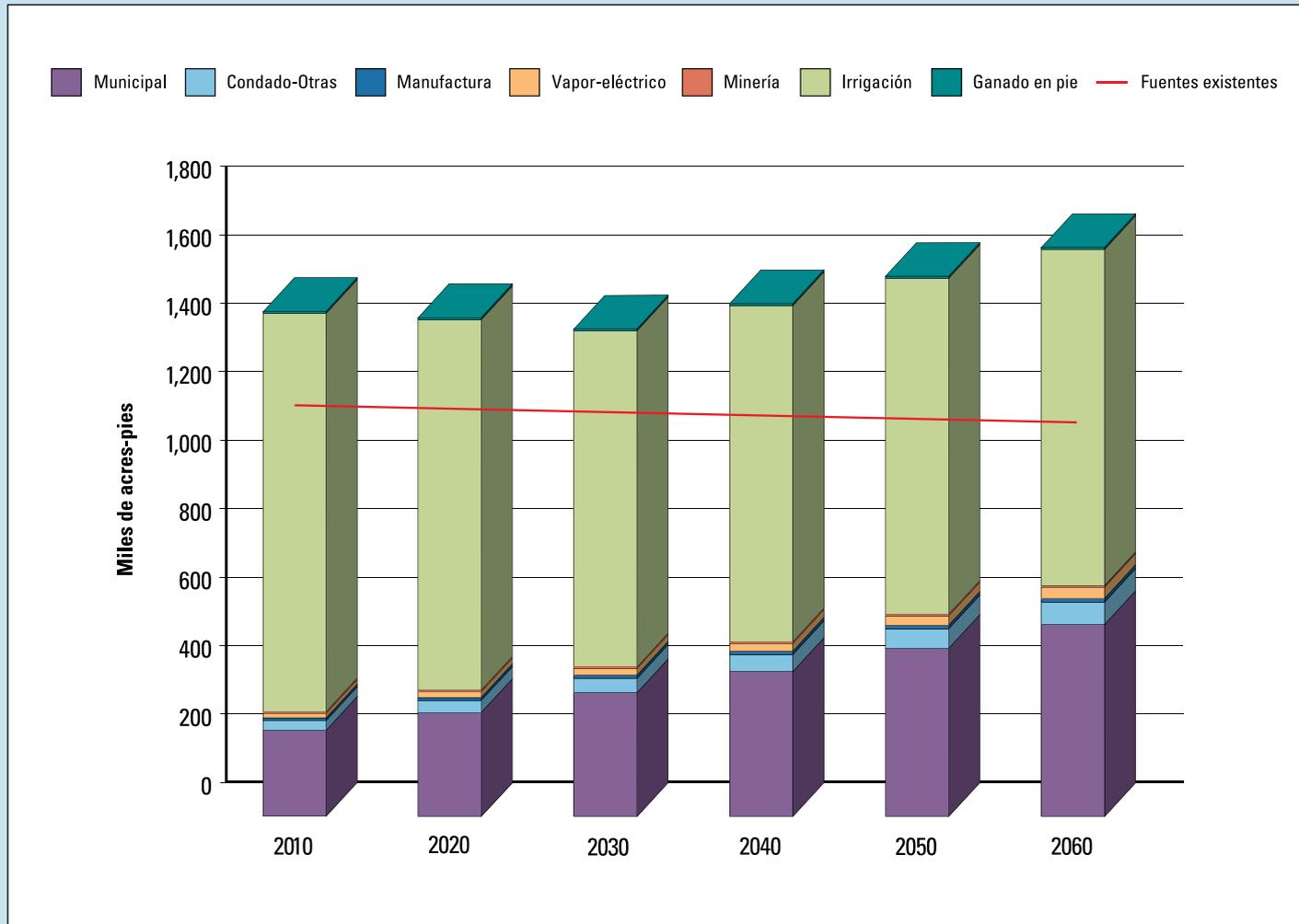


FIGURA 11

### Demandas de agua proyectadas, región de planeación del Río Bravo en Texas

Demanda de agua total proyectada y fuentes de agua existentes para el periodo 2010-2060.

Fuente: Plan hídrico del estado de Texas, 2007

## Porcentaje de ingresos por cosechas en 2003, por cada estado y condados fronterizos

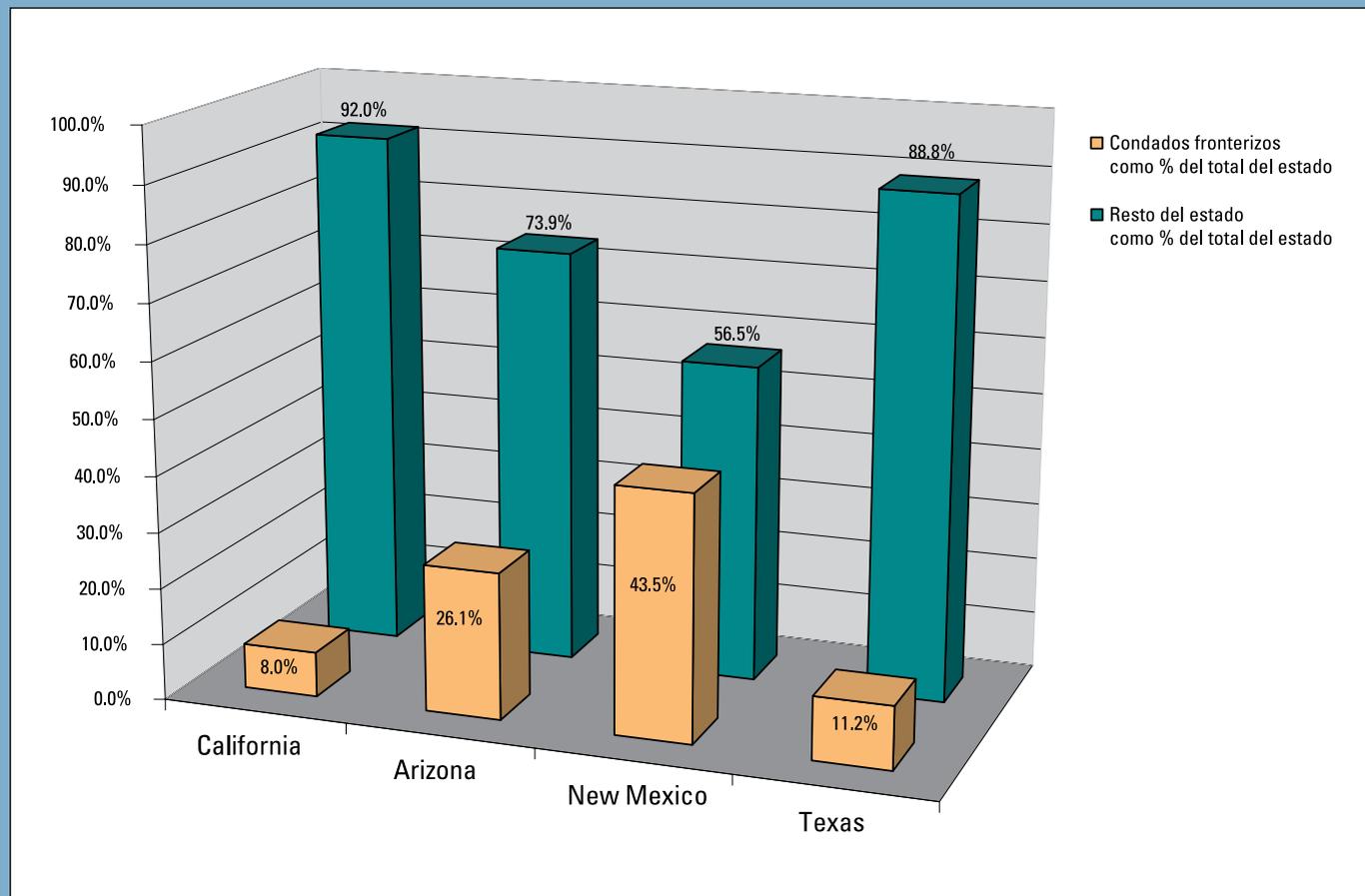


FIGURA 12

### Contribución de la agricultura fronteriza a los ingresos agrícolas estatales de los Estados Unidos

Fuente: [www.usda.gov](http://www.usda.gov)  
Coalición de Condados de la Frontera entre EE.UU. / México  
"En la encrucijada: condados de la frontera entre EE.UU. / México en transición"  
("At the Cross Roads: US / Mexico Border Counties in Transition")

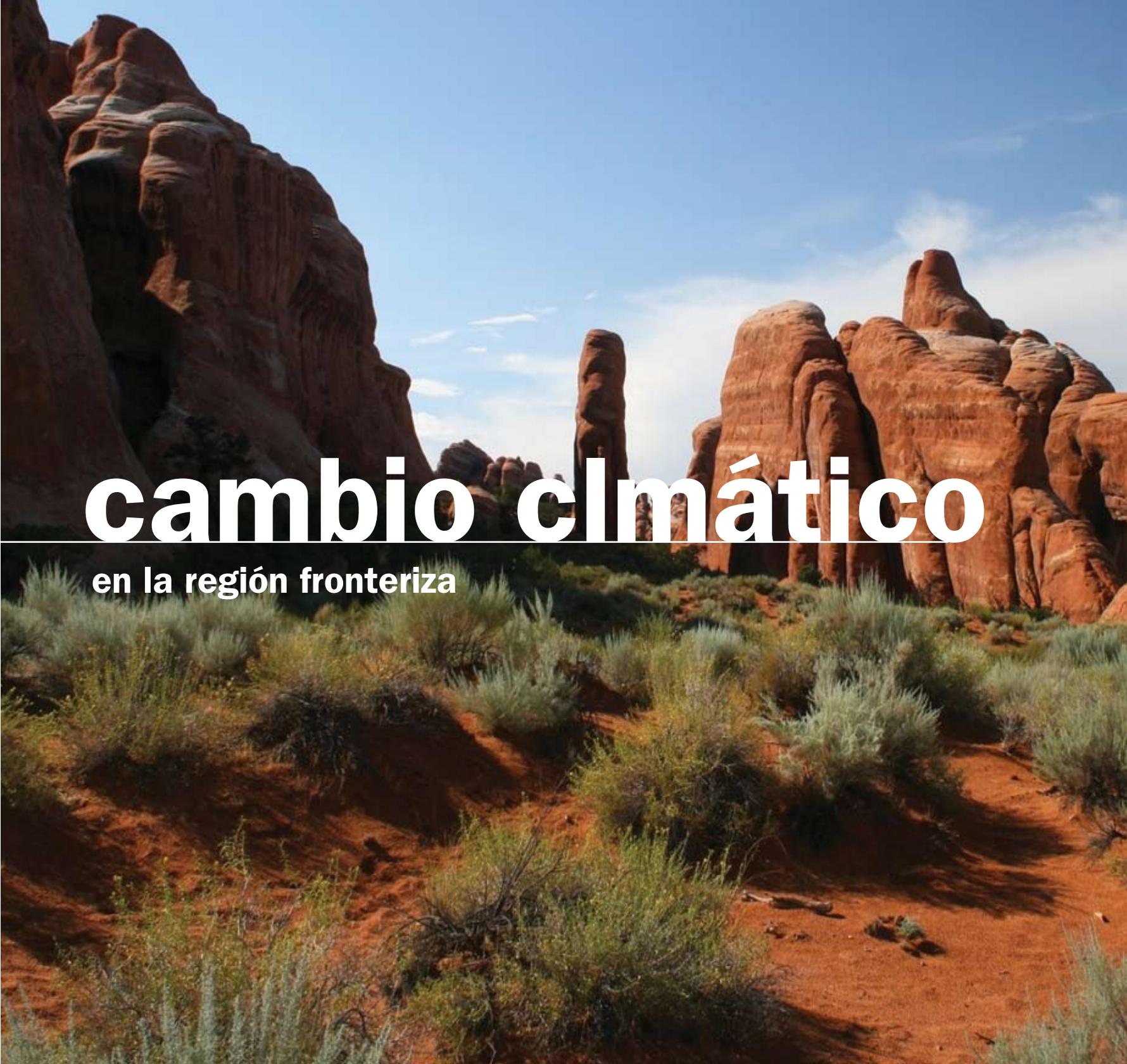


### Acueductos más grandes que derivan agua de los tributarios del Río Colorado Inferior y el Río Bravo

INFRAESTRUCTURA	ÁREA DE SERVICIO	COMENTARIOS
Acueducto del Río Colorado del Distrito Metropolitano de Agua (MWD, por sus siglas en inglés)	Gran parte de la zona urbanizada de California del Sur, incluyendo partes de los condados de Los Angeles, Orange, San Diego, Riverside y San Bernardino.	Históricamente, el agua del Río Colorado suministró más de la mitad del agua importada por el MWD. Aproximadamente la mitad de la población de California vive en el área de servicio del MWD.
Proyecto de Arizona Central de la USBR.	Áreas metropolitanas de Phoenix y Tucson, y regiones agrícolas vecinas.	El Río Colorado y sus tributarios son la fuente de agua superficial más grande de esta área de servicio.
Canal All American de la USBR	Agricultura en el valle Imperial y, por medio del canal de Coachella, agricultura en el valle inferior de Coachella.	El agua importada del Río Colorado es la única fuente significativa de agua superficial del área.
Acueducto de Tijuana de la Comisión de Servicios de Agua del Estado de Baja California	Área metropolitana de Tijuana y Tecate	El agua importada del Río Colorado es la fuente principal de agua superficial del área.
Acueducto de Monterrey - Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey Linares	Área metropolitana de Monterrey	La fuente de agua es el Río Conchos, un tributario del Río Bravo
Acueducto El Cuchillo - Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey Linares	Área metropolitana de Monterrey	La fuente de agua es el Río San Juan, un tributario del Río Bravo

**CUADRO 4**





# **cambio climático**

**en la región fronteriza**

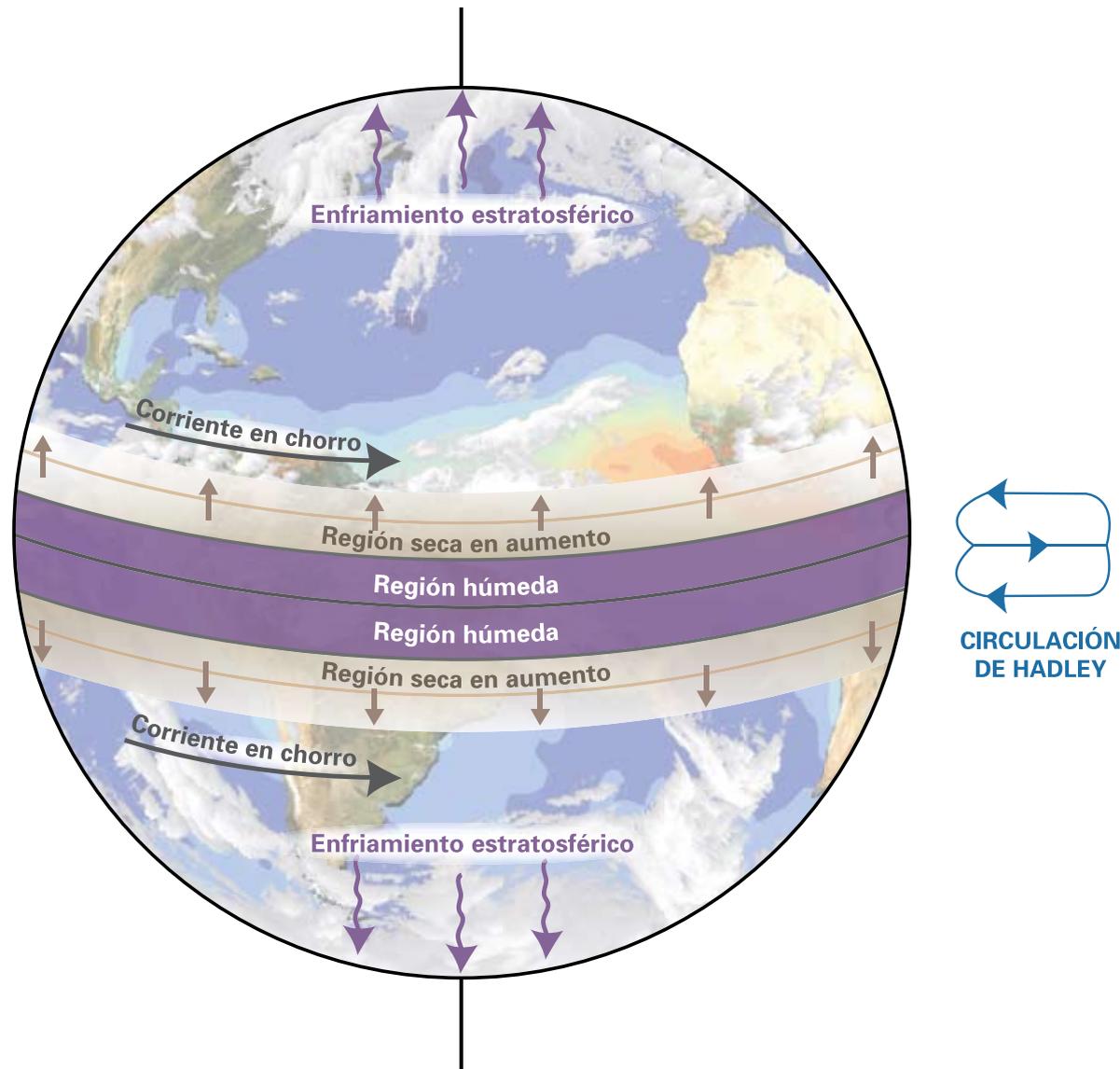
**3**  
CAPÍTULO



## Resumen de impacto

En un área emergente de investigación, algunos científicos climáticos creen que la corriente en chorro (jet stream) se está corriendo hacia los polos, tanto en el Hemisferio Norte como el sur, un desplazamiento que puede ser intensificado por el cambio climático inducido por los seres humanos. La corriente en chorro afecta la posición de la trayectoria de tormentas invernales, que determina qué áreas van a recibir precipitación y qué

áreas no. La celda de Hadley, un patrón de circulación atmosférica que influye mucho en el clima tropical/subtropical, se puede estar ampliando como consecuencia del cambio climático, expandiendo los desiertos subtropicales del mundo adyacentes a las regiones tropicales húmedas (*figura 13*). El sudoeste de los Estados Unidos y el noroeste de México se encuentran en esta área de expansión del desierto. La *figura 14* muestra la relación entre la posición de los vientos de oeste a este (corriente en chorro) y la precipitación registrada a comienzos de la primavera.



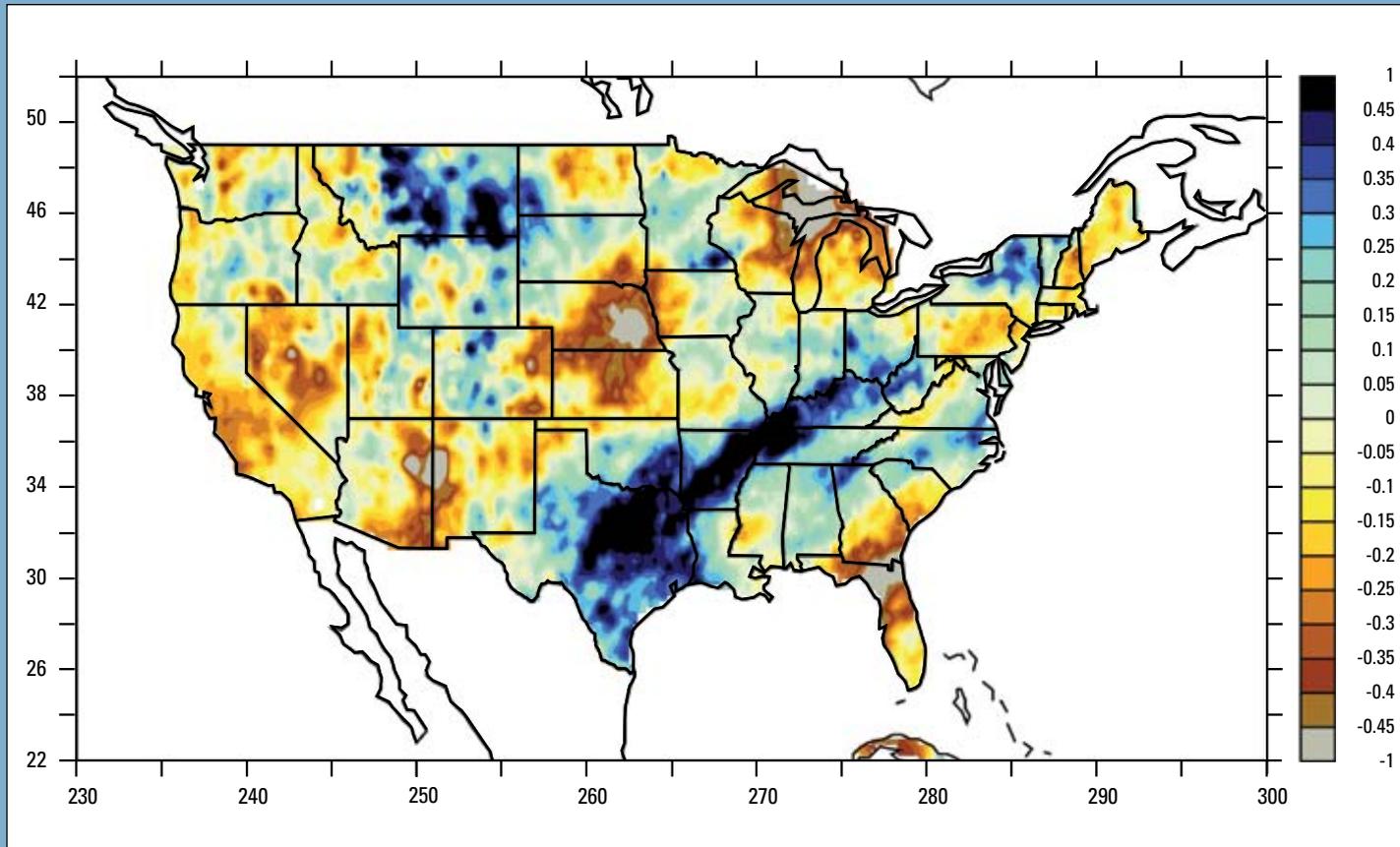
La corriente en chorro afecta la posición de la trayectoria de tormentas invernales, que determina qué áreas van a recibir precipitación y qué áreas no. La celda de Hadley, un patrón de circulación atmosférica que influye mucho en el clima tropical/subtropical, se puede estar ampliando como consecuencia del cambio climático...

FIGURA 13

**Posición global de regiones tropicales/subtropicales y adyacentes a desiertos**

El realce del enfriamiento estratosférico a gran altitud por encima de las regiones polares también contribuye a la expansión de los desiertos subtropicales, al desplazar la corriente en chorro hacia el norte.

Fuente: Pronóstico climático en el Sudoeste, marzo 2008

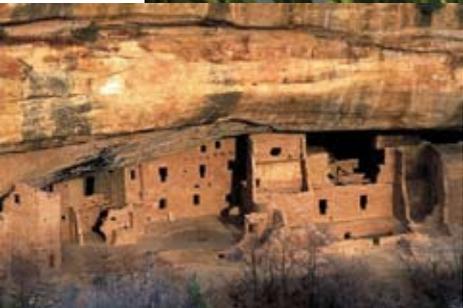


**FIGURA 14**

**Correlación entre la posición invernal de la trayectoria de tormenta de oeste a este (corriente en chorro) y las anomalías de precipitación al comienzo de la primavera**

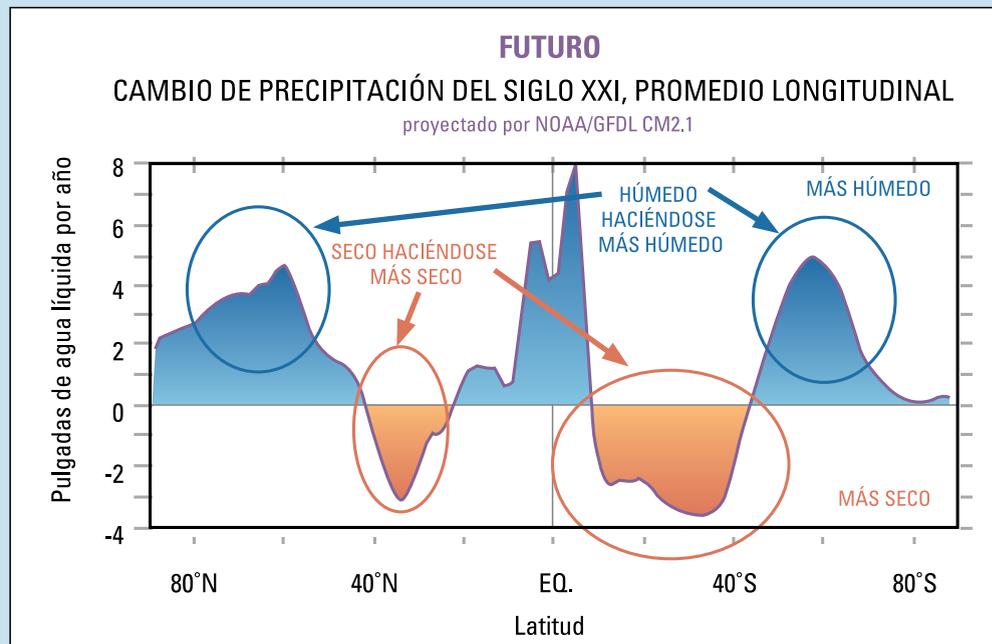
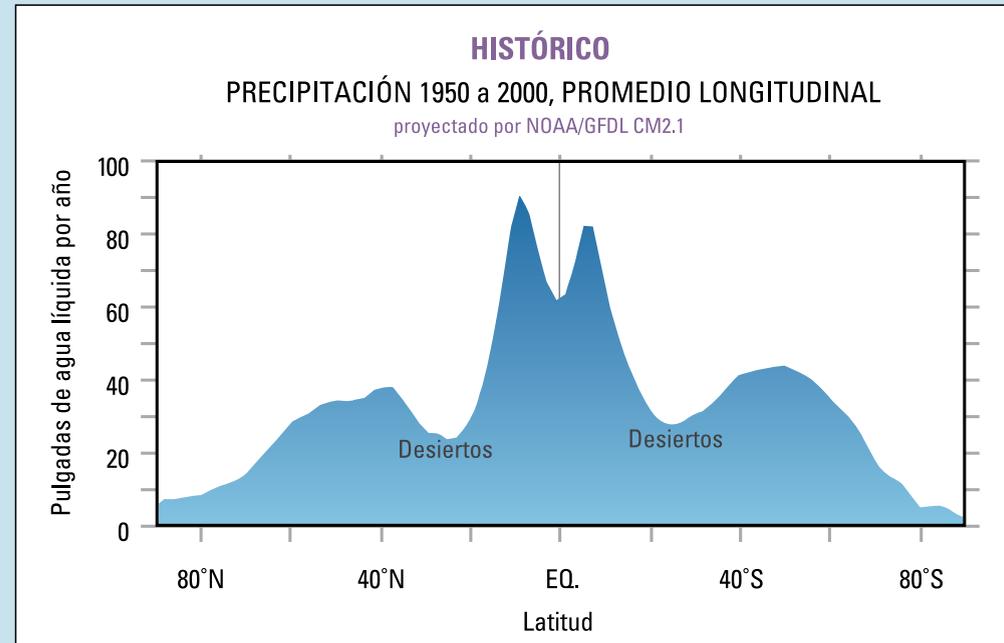
Los colores azules señalan un aumento de la precipitación y los colores café señalan una reducción de la precipitación cuando la trayectoria de tormentas se desplaza hacia el norte.

Por cortesía de Stephanie McAfee, Joellen Russell, Universidad de Arizona



Las simulaciones de clima global pronostican que el sudoeste de los Estados Unidos y el noroeste de México, una región que ya es caliente y árida actualmente, será aún más caliente y seca en el futuro. Las *figuras 15 y 16* presentan dos formas de visualizar este concepto (basadas en el uso de dos modelos distintos del clima global), comparando la precipitación global histórica con el cambio estimado de precipitación en el futuro, donde las regiones con bandas de desierto existentes, tanto al norte como el sur de los trópicos, se corresponden con regiones de reducción pronosticada de precipitación. Otra forma de visualizar este concepto se presenta en la *figura 17*, que muestra el cambio en disponibilidad de agua (caracterizada como precipitación menos evaporación) estimado por las proyecciones de múltiples modelos.

En el área fronteriza inmediata, las temperaturas más elevadas tenderán a aumentar la evapotranspiración de los cultivos agrícolas y de los jardines de zonas residenciales, generando un aumento de la necesidad asociada de agua. En el sector urbano, el aumento de temperatura en las ciudades del desierto de la región podría afectar los patrones de crecimiento demográfico en el futuro. Se pronostica que no sólo van a aumentar las temperaturas medias en el área fronteriza, sino que también lo harán las temperaturas extremas (máximas), y que las olas de calor también aumentarán en frecuencia e intensidad. La *figura 18* presenta un registro de largo plazo de días con temperaturas que excedieron 100° F en ciudades grandes seleccionadas de los Estados Unidos dentro de la región de uso de agua del Río Colorado/Río Bravo. Los datos presentados están influenciados por múltiples factores, como la variabilidad climática natural, los efectos de las islas de calor urbano y los cambios climáticos, pero ilustran las condiciones de calor ya presentes en el interior árido y de baja elevación del Oeste, y también una tendencia al calentamiento aparente en la última parte del registro. Se han observado tendencias al calentamiento similares en registros de temperaturas por grillas regionales reconstruidos por los científicos a partir de mediciones discretas. Las *figuras 19 y 20* muestran estos datos para la cuenca superior e inferior del Río Colorado, en la superficie terrestre y en la atmósfera. La tendencia al calentamiento en la primavera es significativa por sus consecuencias en el aceleramiento del escurrimiento de nieve derretida.



### Comparación del cambio de precipitación global promediado longitudinalmente histórico y modelado

Fuente: Resultados de modelos de NOAA, Evaluación de agua en el Oeste

FIGURA 15

## Cambio de precipitación promedio anual: 2071 a 2100 con respecto a 1990

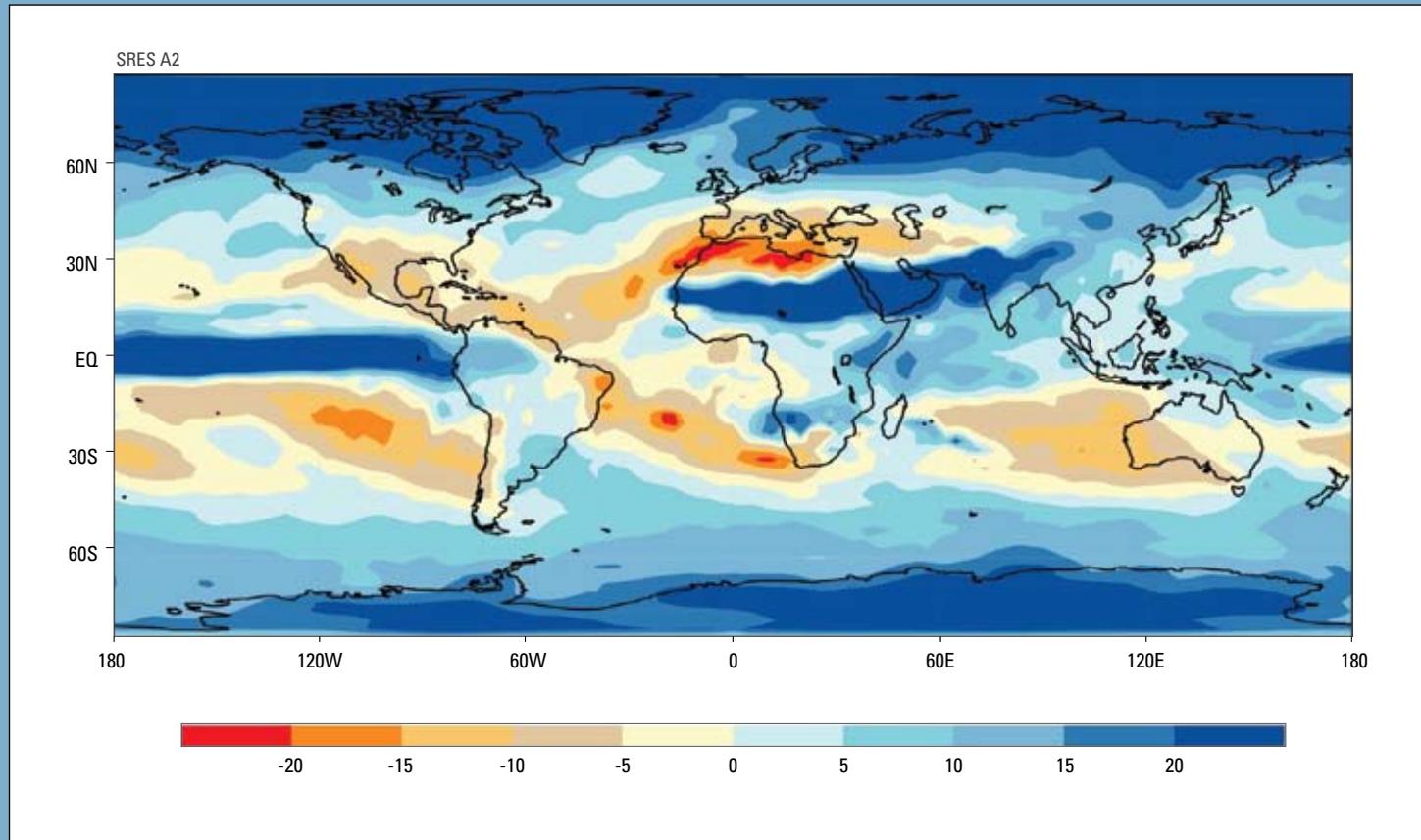


FIGURA 16

**Vista global del cambio de precipitación media anual, 2071 a 2100, con relación a 1990**

Se proyecta que algunas áreas se harán más húmedas, otras más secas

Fuente: Joellen Russell, Universidad de Arizona

Cambios en P-E (2021 a 2040 menos 1950 a 2000)

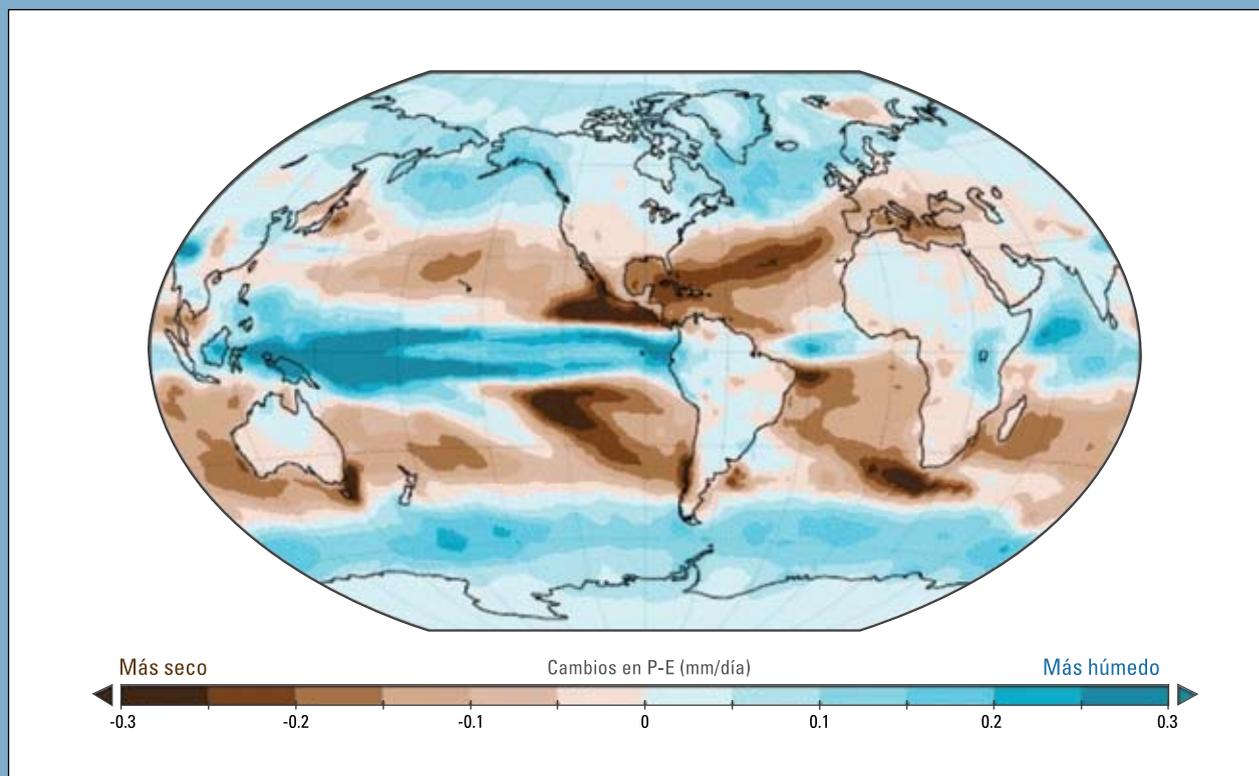


FIGURA 17

### Simulación multimodelo de cambios futuros de precipitación menos evaporación

Cambios en P-E para el periodo 2021 a 2040, menos el promedio entre 1950 y 2000. Los resultados se promedian con simulaciones del periodo histórico y proyecciones para el futuro, utilizando 19 modelos climáticos distintos. Las proyecciones para el futuro siguen la mediana del escenario de emisiones A1B del IE-EE.

Fuente: CDWR, 2008, contribuido por Richard Seager, Columbia University

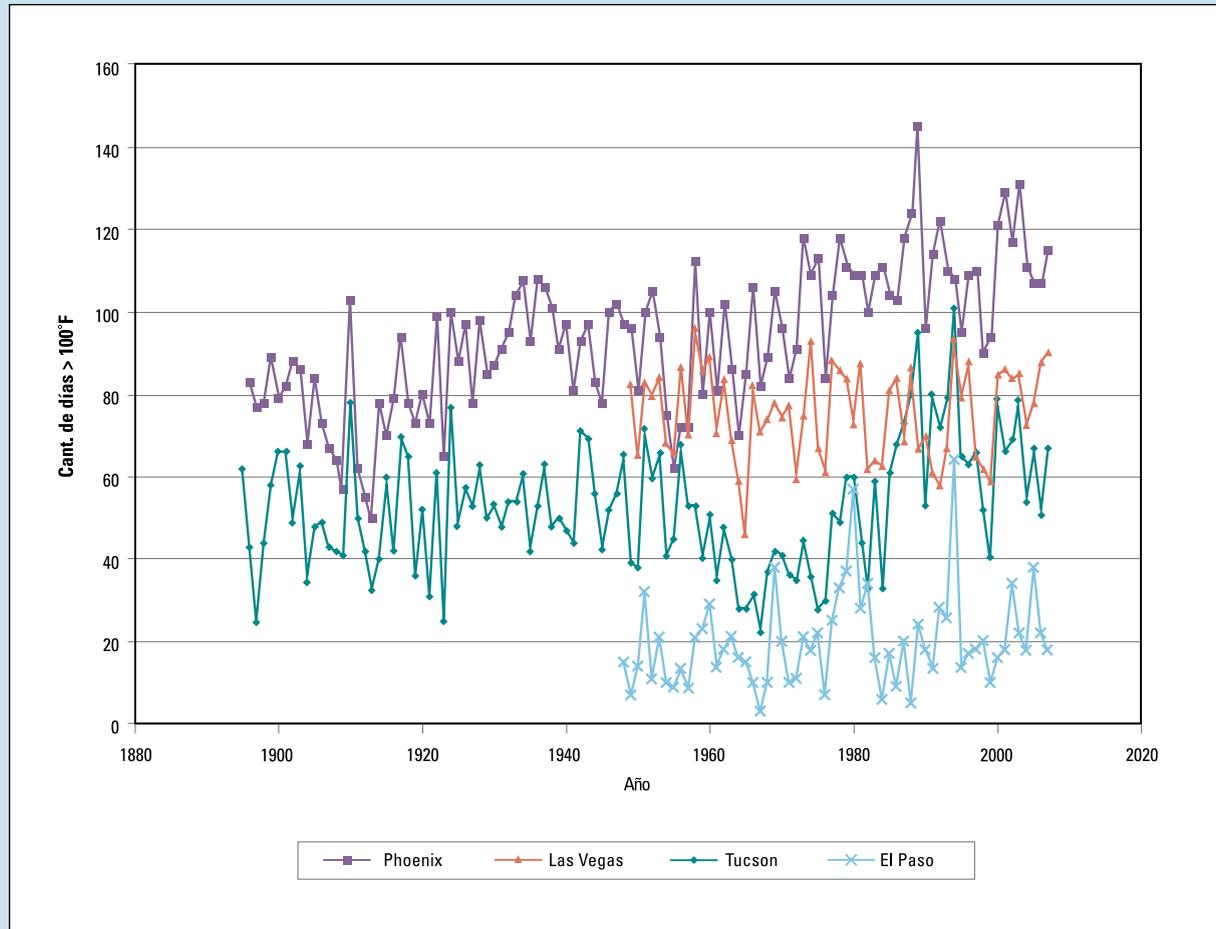
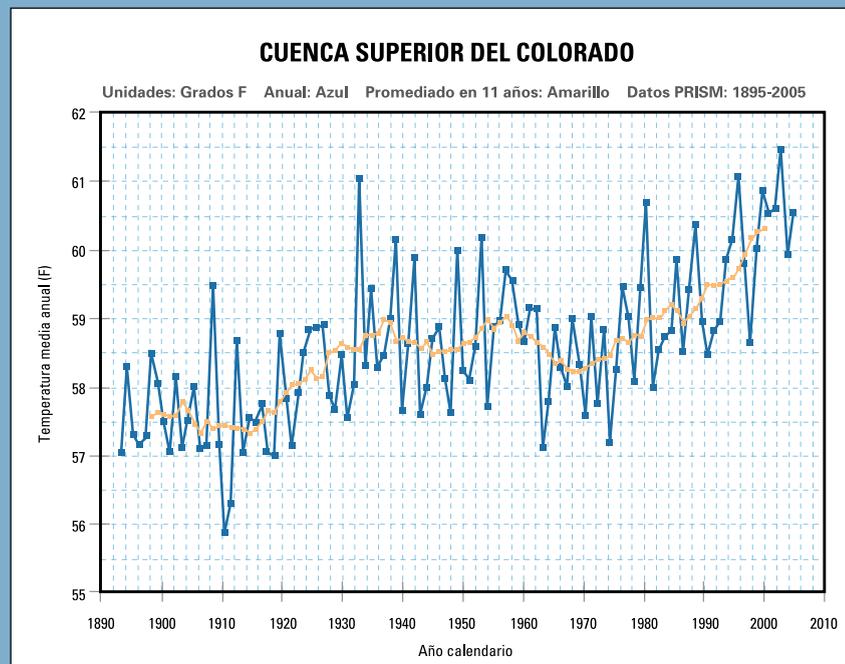
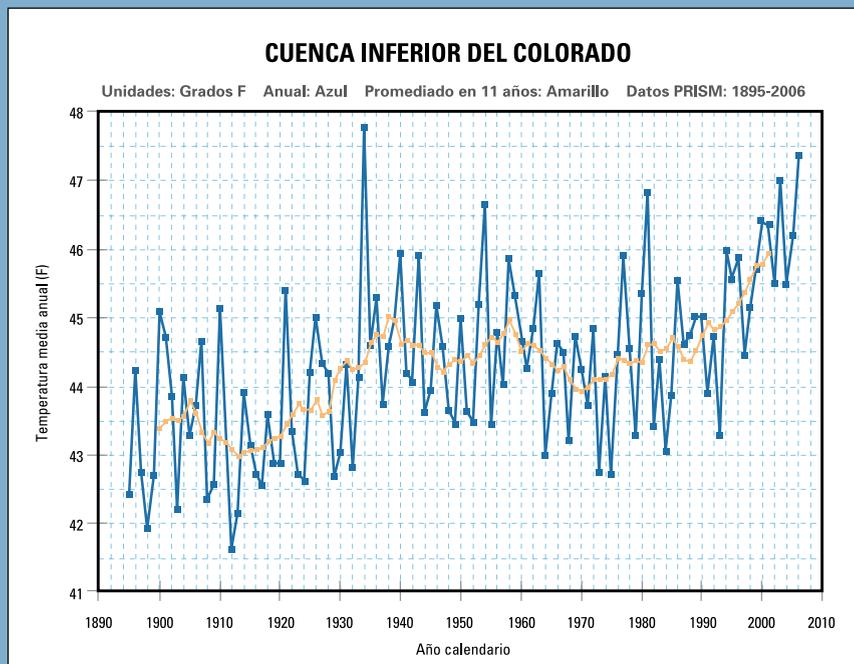


FIGURA 18

**Cantidad de días con temperaturas máximas en exceso de 100° F para ciudades seleccionadas**

Fuente: Zack Guido, Universidad de Arizona y Servicio Meteorológico Nacional



**FIGURA 19**

## Temperaturas medias anuales de superficie observadas en las cuencas superior e inferior del Río Colorado

Fuente: Andrea Ray, NOAA; Brad Udall, Universidad de Colorado; Kelly Raymond, Centro de Clima Regional del Oeste

## Modelos climáticos

La comprensión científica de los procesos climáticos y la capacidad para modelar el clima a una escala global han ido mejorando con el tiempo, permitiendo realizar una mejor estimación del impacto de los cambios climáticos. En general, hay una mayor confianza en la capacidad de los modelos existentes para predecir aumentos de temperatura que de precipitación. Las escalas demasiado grandes de las grillas utilizadas por necesidad en los modelos globales no permiten ver el efecto de la topografía local, que juega un papel importante en los patrones climáticos observados (como en el caso de precipitación orográfica). La **figura 21** ilustra cómo una mejor resolución en el modelo mejoraría la representación de características topográficas. Una prioridad alta para la ciencia de investigación de cambios climáticos es el desarrollo de modelos climáticos regionales anidados (o sea modelos que toman los resultados de los modelos a gran escala y después simulan las condiciones a una escala mucho menor) y la obtención de los recursos de cómputo necesarios para obtener la resolución deseada.

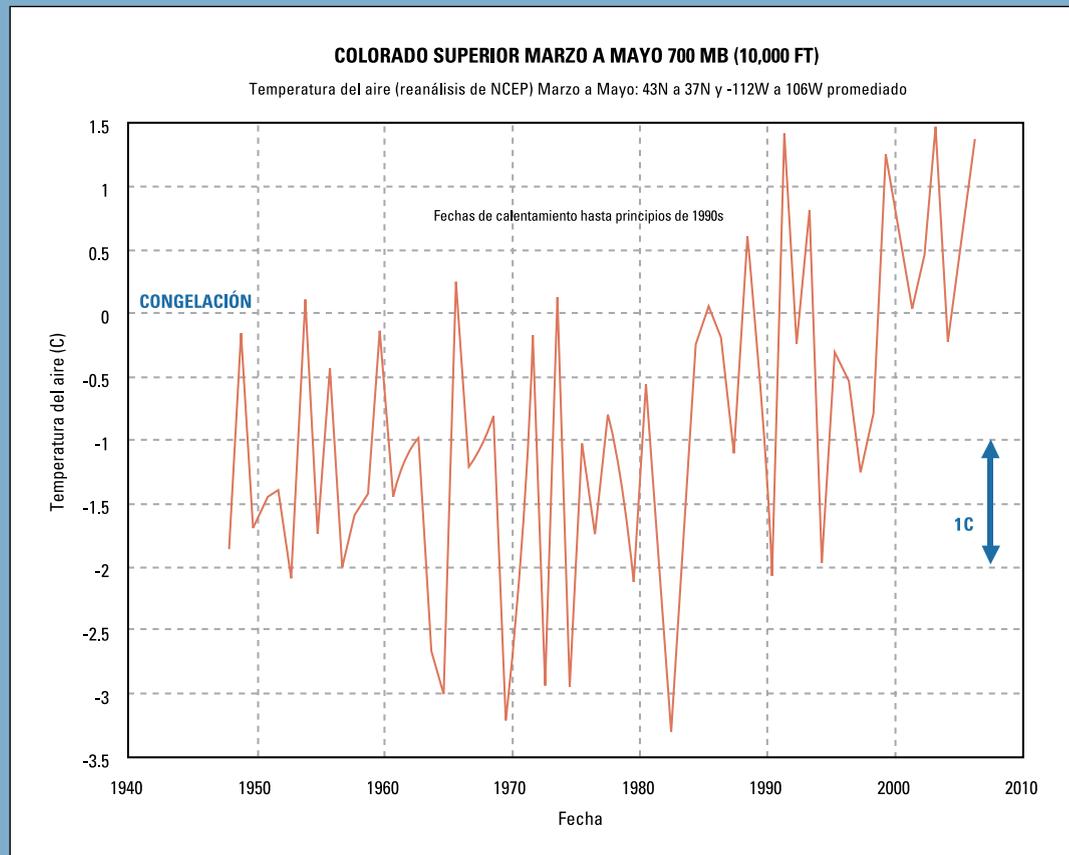
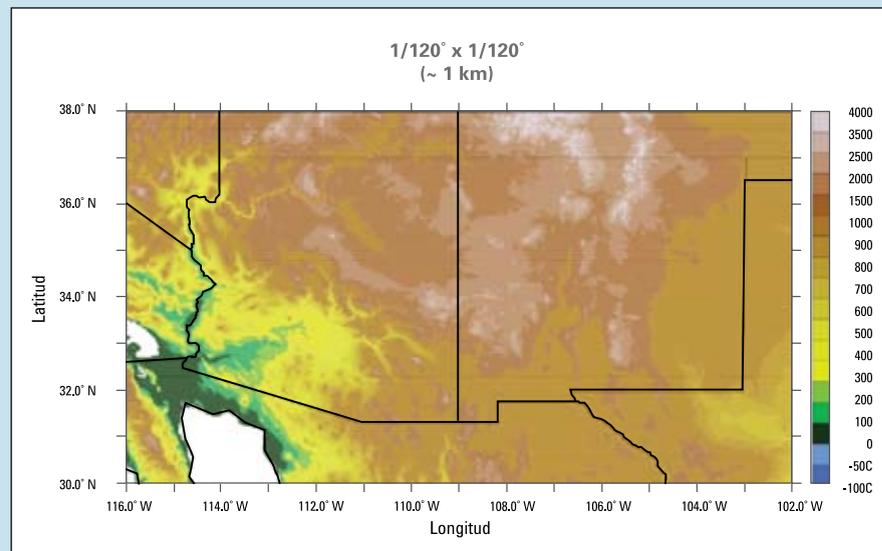
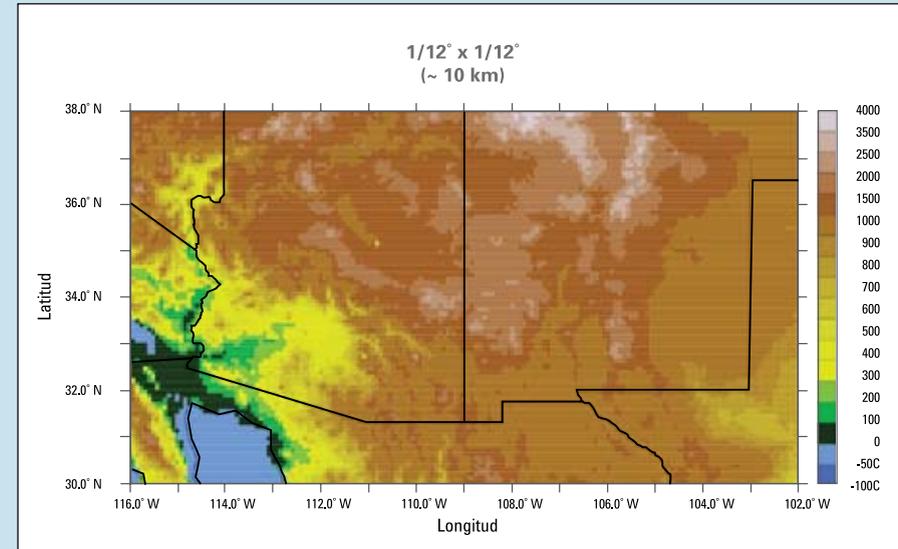
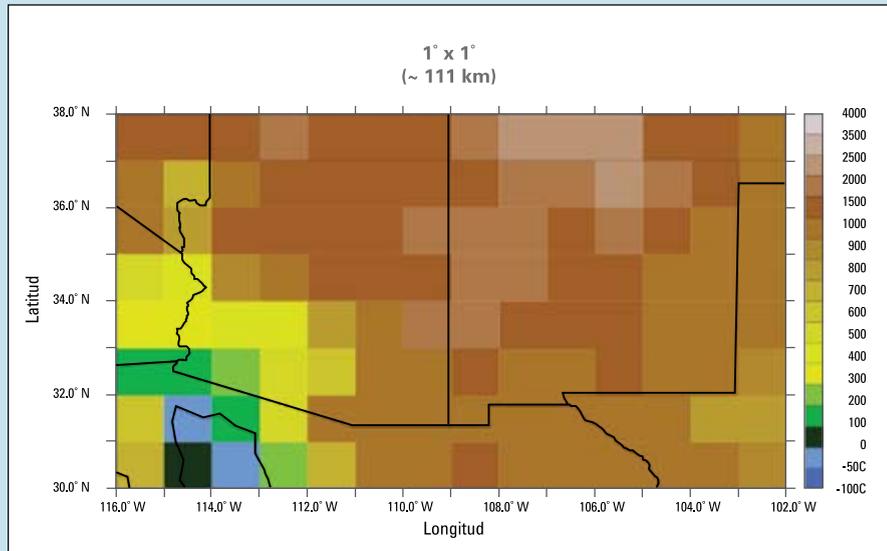


FIGURA 20

### Temperaturas atmosféricas anuales de primavera observadas en las cuencas superior del Río Colorado

Fuente: Andrea Ray, NOAA; Brad Udall, Universidad de Colorado; Kelly Raymond, Centro de Clima Regional del Oeste



**Efectos de la resolución de los modelos climáticos en la representación de topografía**

Fuente: Joellen Russell, Universidad de Arizona

**FIGURA 21**



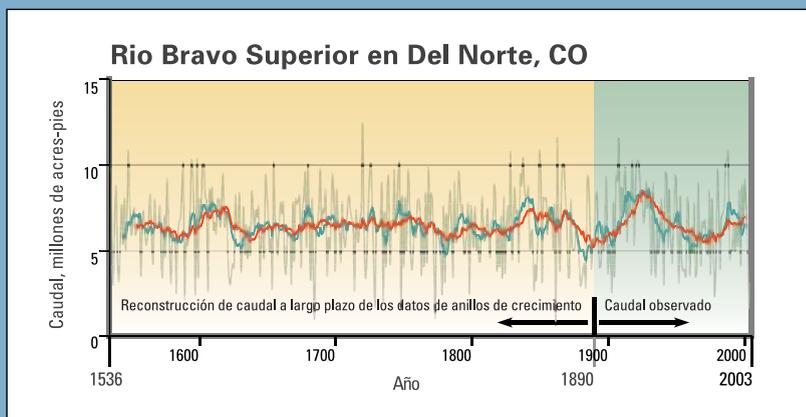
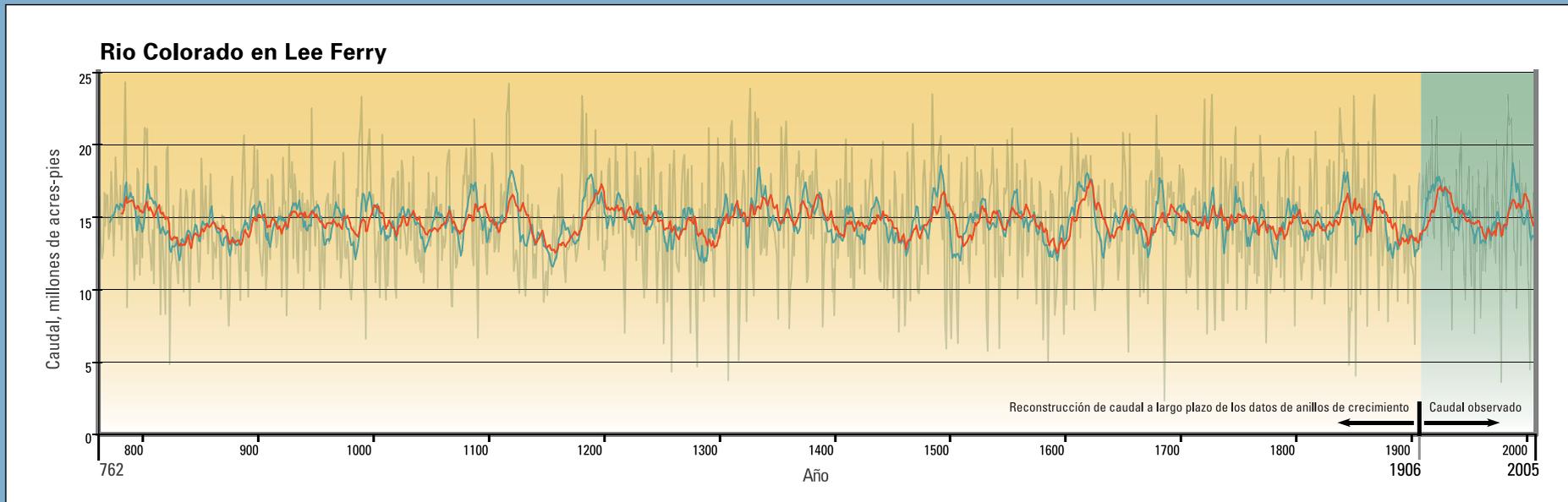
**Los impactos del cambio climático son importantes no sólo en la cercanía inmediata de la región fronteriza, sino también en las vertientes superiores del Río Colorado y el Río Bravo, donde se genera la mayor parte del agua superficial de la región a raíz del escurrimiento de nieve derretida.** El nivel actual de desarrollo en las cuencas de ambos ríos se ha producido en un período de condiciones promedio más húmedas, cuando se las compara con los registros paleoclimáticos de largo plazo. El Pacto del Río Colorado de 1922, por ejemplo, fue negociado tomando como referencia el período más húmedo del registro histórico de caudal observado disponible en esos momentos; el registro histórico más prolongado disponible en la actualidad sugiere que el río está sobreasignado en los prorrateos establecidos en el Pacto. Las reconstrucciones del caudal del río en plazos aún más largos, basadas en datos de anillos de crecimiento de árboles, muestran que la cuenca ha experimentado periodos de sequía de varias décadas de duración, mucho más prolongados que aquéllos experimentados en el corto periodo de registros históricos medidos, una circunstancia que también es cierta en el área de la vertiente del Río Bravo Superior (*figura 22*).

Un estudio del Consejo de Investigaciones Nacionales (National Research Council) de 2007 sobre variabilidad hidroclimática en la cuenca del Río Colorado destacó que:

*Las reconstrucciones del caudal del Río Colorado durante varios siglos, basadas en los anillos de crecimiento de árboles, indican que los episodios de sequías extendidas son recurrentes y una característica integral del clima de la cuenca. Más aún, la gama de variabilidad natural presente en las reconstrucciones de caudal fluvial revela mayor variabilidad hidrológica que la reflejada en los registros de caudal medido, especialmente en lo que hace a sequías.*

La *figura 23* muestra un análisis de cambios proyectados en el escurrimiento anual para los Estados Unidos de 2041 a 2060, basándose en resultados de múltiples modelos. Los impactos de los cambios climáticos sobre la cuenca del Río Colorado han sido el foco de múltiples estudios recientes, reflejando la importancia de esta fuente de agua en el Oeste árido. El *cuadro 5* muestra una síntesis de algunos estudios recientes. Si bien los distintos estudios, usando distintos modelos de técnicas analíticas, dieron resultados distintos, todos coinciden en que el resultado será una disminución de precipitación o escurrimiento.

## Río Colorado y el Río Bravo Superior



### Reconstrucciones a largo plazo del caudal del Río Colorado y el Río Bravo Superior

1. La reconstrucción del Río Colorado es para el caudal en Lee Ferry, el punto divisorio entre la cuenca superior e inferior del Río Colorado.
2. La reconstrucción del Río Bravo es para aguas de vertiente en Del Norte, Colorado.

Datos cortesía de Dave Meko y Connie Woodhouse, Laboratorio de Investigaciones de Anillos de Crecimiento, Universidad de Arizona

FIGURA 22

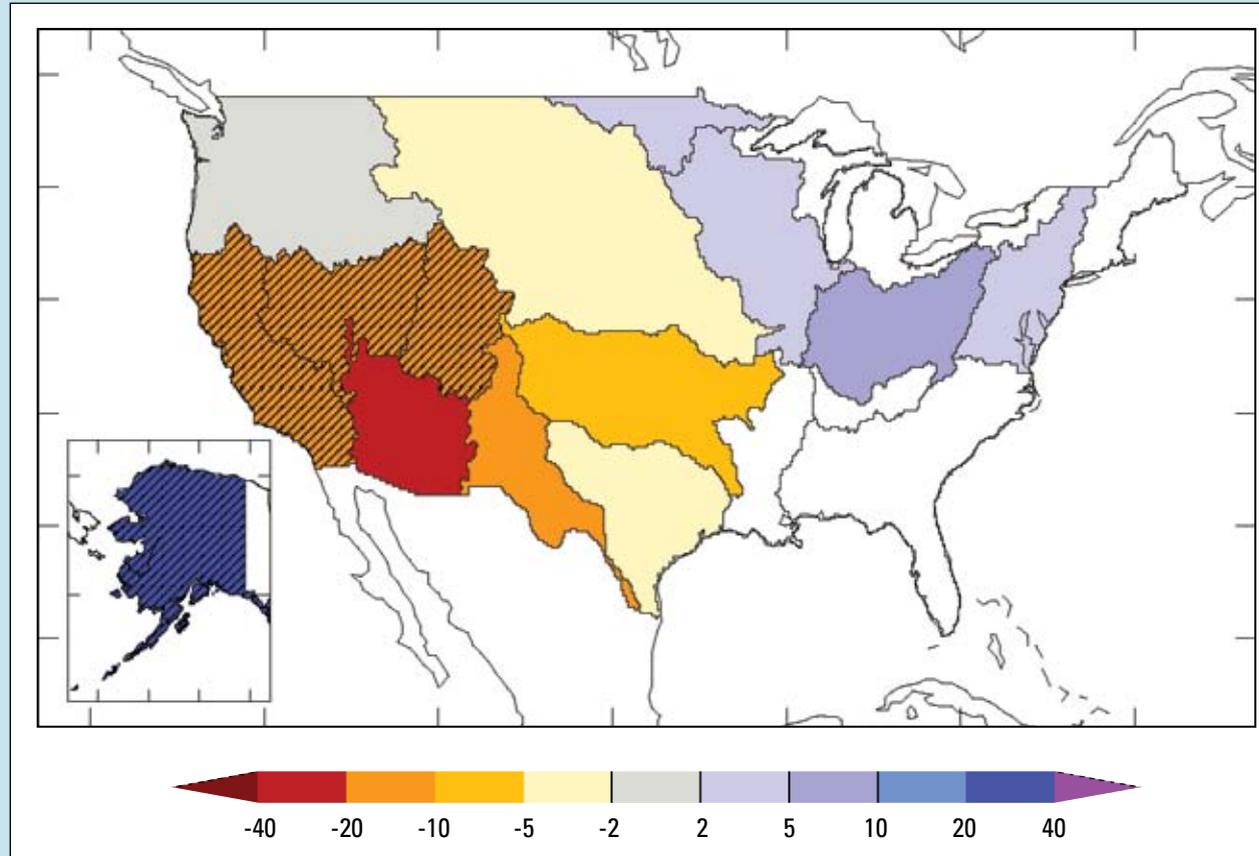


FIGURA 23

### Cambios proyectados por el modelo en el escurrimiento anual en los Estados Unidos, 2041 a 2060

Cambio porcentual con relación al periodo de referencia de 1900 a 1970. Cualquier color indica que >66% de los modelos están de acuerdo en el signo del cambio; la trama diagonal indica un acuerdo >90%. Según Milly, P.C.D., K.A. Dunne, A.V. Vecchia, Global pattern of trends in streamflow and water availability in a changing climate (Patrón global de tendencias de caudal y disponibilidad de agua en un clima cambiante), *Nature*, 438, 347-350, 2005.

Fuente: CDWR, 2008, contribuido por Brad Udall, Universidad de Colorado

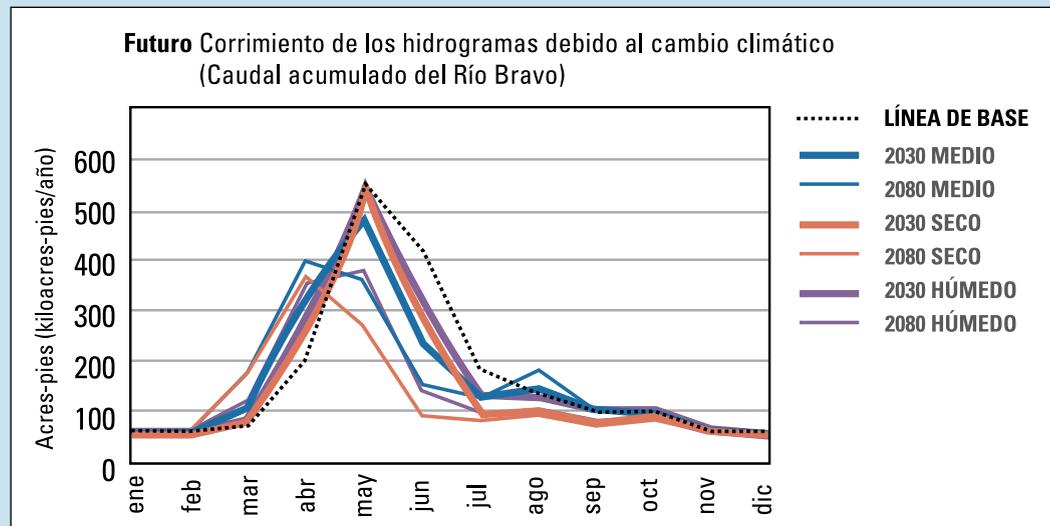
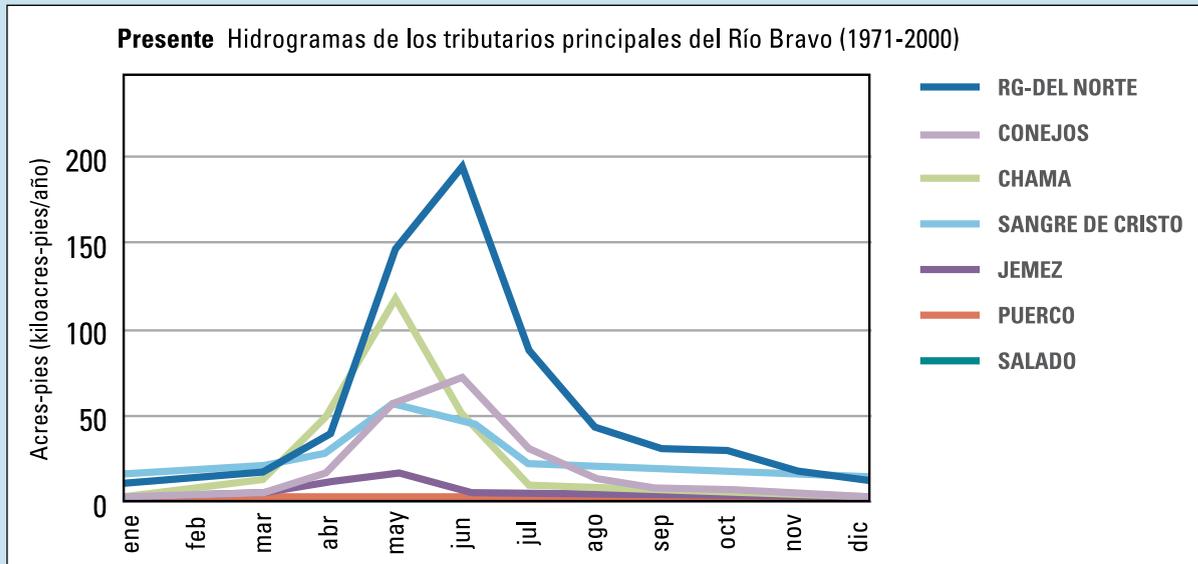
**En general, los aumentos esperados de temperatura en las elevaciones de montaña a las que se produce la transición de lluvia a nieve resultarían en una reducción de la zona de nieve,** un adelantamiento en el tiempo del escurrimiento de nieve en la primavera y un aumento de las pérdidas por evaporación o sublimación. Si bien el impacto de los cambios climáticos no ha sido estudiado con la misma intensidad en la cuenca del Río Bravo como lo ha sido en el Río Colorado, estos efectos de la temperatura son evidentes en los trabajos realizados, como se ilustra en la *figura 24*.

Los cambios potenciales en las lluvias estivales, o sea la estación del monzón, también pueden tener un efecto importante en la cuenca inferior del Río Colorado y la cuenca del Río Bravo. La cuenca del Río Bravo en el noroeste de México recibe gran parte de su precipitación en las lluvias estivales, tal como se ilustra en la *figura 25*. La humedad del Golfo de California y el Golfo de México se desplazan hacia el continente, donde se calienta al elevarse sobre las cadenas montañosas, generando típicamente tormentas por la tarde y a veces crecidas fluviales repentinas (*figura 26*). Los datos climáticos observados sugieren que la intensidad de las lluvias durante la estación del monzón puede estar aumentando (con mayor potencial de crecidas repentinas) pero la simulación de la estación del monzón

### Resumen de estudios recientes seleccionados de la cuenca del Río Colorado

NOMBRE DEL ESTUDIO	TIPO DE ESTUDIO	RESULTADOS	COMENTARIOS
Christensen et al., 2004	Modelo climático global e hidrología específica del Río Colorado	-18% de escurrimiento al 2040-2069	Sólo 1 modelo climático, 1 modelo de hidrología. Sustituido por el estudio de 2006.
Christensen y Lettenmaier, 2006	Modelo climático global e hidrología específica del Río Colorado	-6% de escurrimiento al 2040-2069	11 modelos climáticos, 1 modelo de hidrología.
Hoerling y Eischeid, 2006	Modelo climático global e hidrología específica del Río Colorado	-50% al 2035-2060	18 modelos climáticos, modelo hidrológico muy simple.
Milly et al, 2005	Escurrecimiento del modelo climático global	Aproximadamente -20% de escurrimiento al 2041-60	El estudio demostró que 12 modelos climáticos globales pueden reproducir el escurrimiento histórico alrededor del mundo, y por ende proyectar el escurrimiento futuro.
Seager et al, 2006	Proxy de escurrimiento del modelo climático global	Aproximadamente -10% de escurrimiento al 2041-2060	19 modelos climáticos. Los modelos no incluyen la cuenca completa del Río Green, también incluye grandes partes del Suroeste que no forman parte de la cuenca del Río Colorado.
IPCC, 2007	Precipitación del modelo climático global	No hay números, pero es "probable" que la precipitación disminuya	Aproximadamente 20 modelos climáticos. La determinación es de precipitación media anual, no escurrimiento. La conclusión se basa en "unanidad casi completa de los modelos, con buenas inferencias de respaldo físico".

CUADRO 5



**Comparación de hidrogramas de caudal presente y pronosticado del Río Bravo**

Fuente: Brian Hurd, Universidad Estatal de Nuevo México y Albert Rango, USDA

FIGURA 24

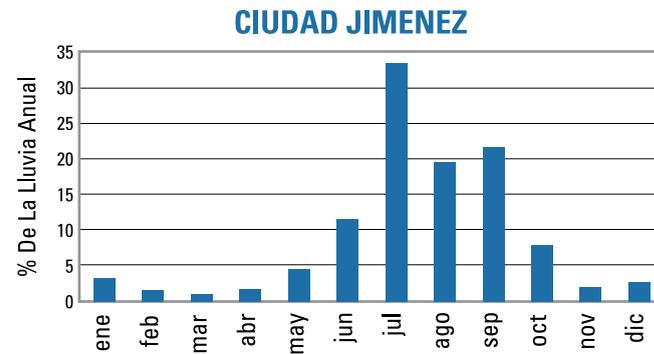
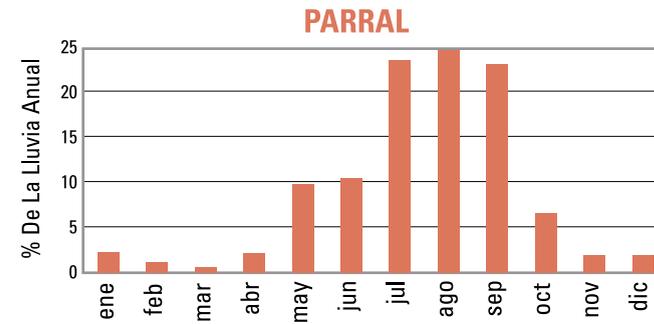
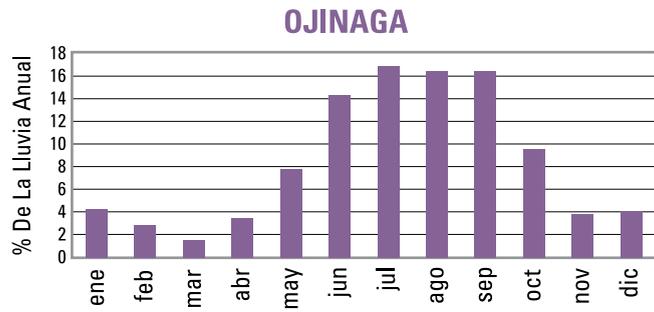


FIGURA 25

## Importancia de la precipitación estival en sitios selectos de la cuenca del Río Conchos

Fuente: Tereza Cavazos, CICESE

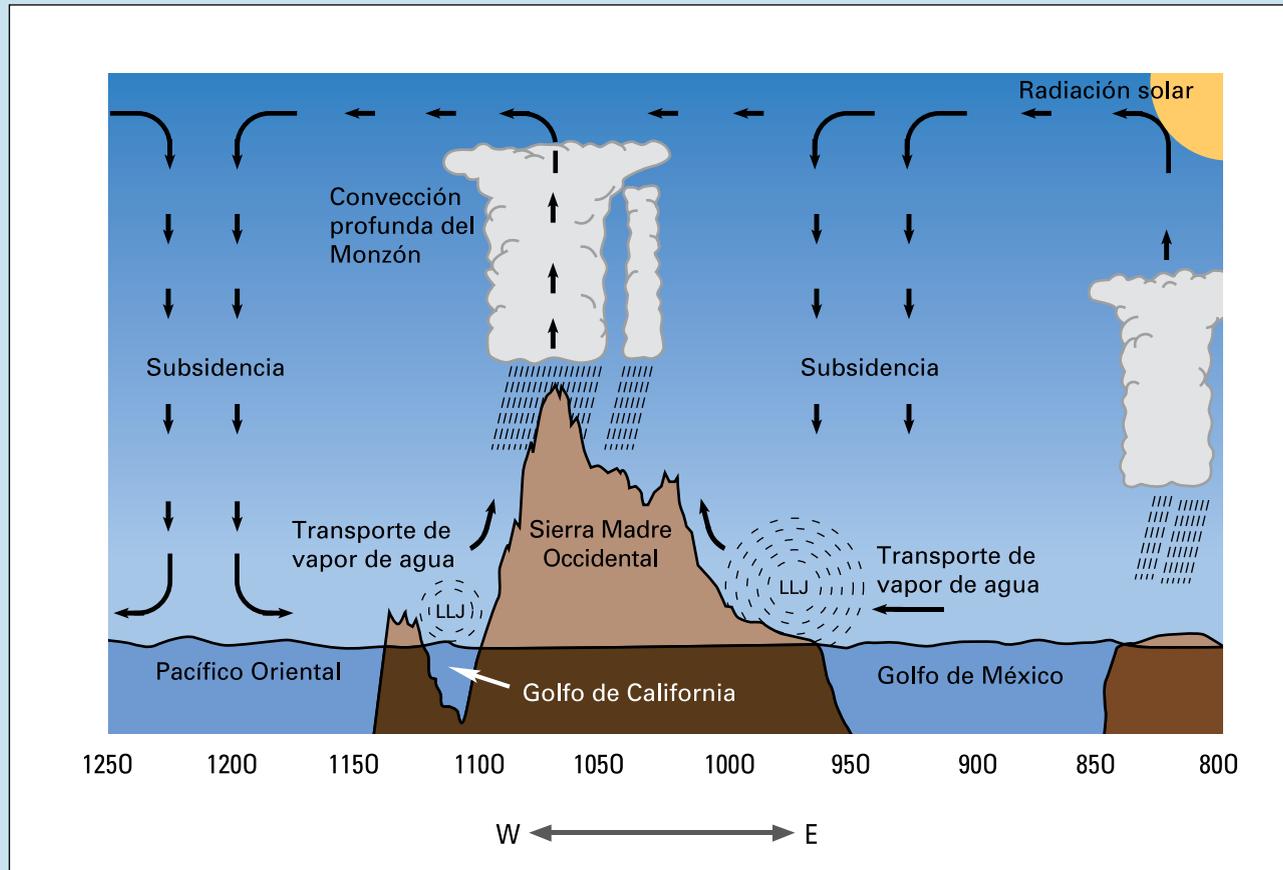


FIGURA 26

**Elementos del monzón de América del Norte sobre el norte de México**

Fuente: NOAA, W. Higgins

no es muy robusta en los modelos climáticos globales actuales, limitando su capacidad predictiva.

Otro aspecto incierto del cambio climático es la cuantificación del aumento en el nivel del mar. El aumento del nivel del mar es un fenómeno gradual, pero importante para las áreas costeras bajas, sobre todo aquellas que limitan con el Golfo de México, donde existe el potencial de tormentas tropicales y huracanes. Además de los riesgos a la infraestructura costera debido al aumento de las crecidas fluviales repentinas, el aumento del nivel del mar podría contribuir también a una mayor contaminación de los acuíferos costeros con agua salada. La *figura 27* compara los datos históricos globales de nivel del mar promedio, tanto estimados como medidos, con las proyecciones de cambios en el futuro para una cierta hipótesis de emisión de gases de invernadero. (Por una serie de razones, incluyendo el movimiento de las placas tectónicas, el aumento del nivel del mar no es uniforme globalmente.) Las observaciones recientes del derretimiento de la capa de hielo ártica han demostrado que no se comprende bien la dinámica de las capas de hielo; esta falta de comprensión impidió que se la considerara en las proyecciones de aumento del nivel del mar en la Cuarta Evaluación del IPCC.

El impacto del cambio climático en la calidad del agua dependerá de las circunstancias específicas de cada lugar. El aumento en la temperatura del agua, en las incidencias de las crecidas repentinas, y en la frecuencia y severidad de las sequías, podrían tener un impacto negativo en la calidad del agua. Los cambios hidroclimáticos pronosticados pueden causar un aumento en el transporte de, o exposición a, contaminantes como sedimentos, sales, nutrientes y patógenos. Las especies acuáticas sensibles serán probablemente las primeras afectadas, si bien el impacto de la temperatura del agua puede ser positivo para ciertas especies de peces, como los peces nativos del Río Colorado Inferior, que enfrentan en la actualidad la competencia de peces deportivos de agua fría no nativos. En la ac-

tualidad falta información específica de cada sitio sobre el impacto del cambio climático en la calidad del agua de la zona fronteriza.

En resumen, las investigaciones actuales existentes de cambio climático en el área fronteriza pronostican los siguientes resultados relevantes para la gestión de los recursos hídricos:

- Aumento en la demanda de agua debido a temperaturas más elevadas.
- Reducción en la acumulación de nieve y adelanto en el tiempo del escurrimiento de nieve derretida en la primavera (más lluvia, menos nieve).
- Reducción del escurrimiento.
- Mayor probabilidad de eventos extremos (sequías e inundaciones).
- Aumento gradual en el nivel del mar.



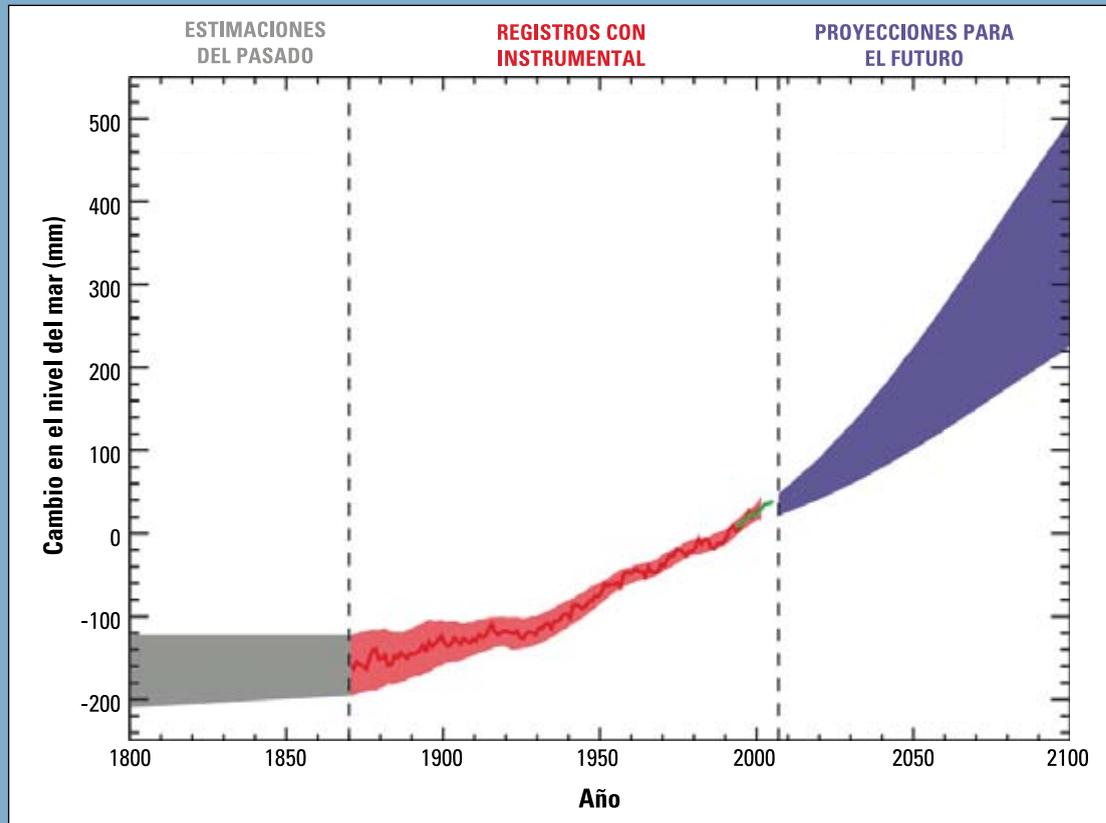


FIGURA 27

### Comparación de aumentos históricos y pronosticados en el nivel del mar

*Serie temporal de nivel del mar promedio mundial (desviación del promedio 1980 a 1999) en el pasado y su proyección para el futuro. Para el periodo anterior a 1870 no se poseen mediciones mundiales del nivel del mar. El sombreado gris muestra la incertidumbre en la tasa estimada de cambio en el nivel del mar a largo plazo. La línea roja es una reconstrucción mareométrica del nivel del mar promedio mundial, y el sombreado rojo muestra la gama de variación de una curva alisada. La línea verde muestra el nivel del mar mundial observado por altímetros satelitales. El sombreado azul representa la gama de proyecciones del modelo para el escenario A1B del IE-EE para el siglo XXI, con respecto al promedio de 1980 a 1999, y fue calculado independientemente de las observaciones. Más allá del 2100, las proyecciones dependen crecientemente del escenario de emisiones: en el curso de varios siglos o milenios, el nivel del mar podría crecer varios metros.*

Fuente: Cuarta Evaluación del IPCC, Informe del Grupo de Trabajo 1, FAQ 5.1, Figura 1 (IPCC Fourth Assessment, Working Group 1 Report, FAQ 5.1, Figure 1)

## Necesidades de investigación y datos

Hay que realizar investigaciones y recoger información en ciertas áreas específicas para que los administradores del agua se puedan adaptar mejor y manejar el impacto pronosticado en el cambio climático. Las incertidumbres analíticas asociadas con el impacto del cambio climático se deberían aclarar lo antes posible, ya que es necesario contar con el resultado de estos análisis para poder comenzar el proceso de desarrollo de estrategias de adaptación. Uno de los componentes esenciales para poder adaptarse al cambio climático es el establecimiento y mantenimiento de redes de

monitoreo hidroclimático. Algunos ejemplos de las necesidades de investigación y datos son:

- Preservar las redes de observación existentes (por ejemplo, sondas de caudal) y prevenir el deterioro adicional de las redes y la pérdida de estaciones de medición existentes.
- Expandir las redes de monitoreo a zonas montañosas de alta elevación en la interfaz crítica entre nieve y lluvia.
- Llenar otras brechas de monitoreo hidroclimático, incluyendo aquéllas asociadas con detección y atribución.
- Diseñar tecnologías de medición remota para el monitoreo climático y utilizarlas en aplicaciones operativas (por ejemplo, usar el sensor MODIS instalado en los satélites Aqua y Terra de la Agencia Aeroespacial Estadounidense).
- Desarrollar modelos climáticos regionales con capacidad para producir resultados de alta resolución a escala de las cuencas fluviales.
- Mejorar el entendimiento de la interacción entre los ciclos estacionales e interanuales, como la Oscilación del Sur El Niño con los efectos del cambio climático.
- Desarrollar juegos de datos paleoclimáticos (reconstrucciones de caudal y precipitación) para cuantificar la variabilidad climática natural en el pasado.
- Mejorar la capacidad de pronóstico meteorológico y predicción climática de largo plazo.



*Las estimaciones de contenido de agua de nieve obtenidas de sensores de nieve con transmisión de datos por telemetría (colchones de nieve, o snow pillows) y de mediciones manuales de acumulación de nieve forman la base del pronóstico de escurrimiento de nieve derretida.*



# adaptación

del sector hídrico

4  
CAPÍTULO

*Unos de los impactos del cambio climático sobre el ecosistema será el cambio en la gama y abundancia de las especies sensibles a la temperatura. En el Río Bravo Inferior, el aumento de temperatura puede permitir la expansión de los armadillos de nueve bandas, la única especie de armadillo de los Estados Unidos. Por otro lado, el aumento de la temperatura es una amenaza para el pika americano, que vive en las altas elevaciones montañosas, como las Rocallosas de Colorado o la Sierra Nevada de California.*



## Adaptación en perspectiva

**El impacto del cambio climático es uno de los múltiples factores que se deben tener en cuenta para planear la gestión de agua en la región fronteriza.** Dentro del horizonte de planeación utilizado típicamente para la gestión de agua, en general no más allá del 2050, se pronostica que el factor principal que gobernará las necesidades de agua y de infraestructura hídrica en la región fronteriza será el cambio demográfico. Si bien se cuentan con resultados de los modelos climáticos globales hasta el 2100 y más allá, no es posible pronosticar en forma realista las variables demográficas (proyecciones de población y distribución), el uso de las tierras y del agua, con la exactitud o nivel de detalle necesarios para planear la gestión de agua más allá del 2050. Hay muchas circunstancias que pueden afectar las variables demográficas claves en la última parte de este siglo, incluyendo el impacto del cambio climático. También es importante reconocer que las incertidumbres asociadas con la mecánica de los modelos climáticos

globales dominan los resultados de corto plazo; a más largo plazo, los resultados obtenidos dependen de las hipótesis de emisión de gases de invernadero utilizadas en el modelo.

Las contradicciones en las predicciones científicas del impacto del cambio climático, y su falta de detalle, complican el desarrollo de criterios específicos que se podrían utilizar para diseñar y explotar la infraestructura hídrica como consecuencia de dicho impacto. Ciertos impactos, como la probabilidad de inundaciones y sequías más frecuentes e intensas, no se pueden cuantificar al presente. Las incertidumbres asociadas con la cuantificación precisa del impacto del cambio climático sugieren el desarrollo de múltiples estrategias de adaptación. Esto se llama a veces “enfoque de portafolio”. Las herramientas normales utilizadas por las agencias hídricas para diseñar y manejar eventos extremos, como sequías e inundaciones, son adecuadas para adaptarse al cambio climático; la diferencia estriba en la necesidad de ampliar los criterios utilizados para su

aplicación. Uno de los elementos claves del proceso será la gestión de adaptación, o sea monitorear las condiciones que se están experimentando en la realidad y ajustar las respuestas para responder a las condiciones observadas.

El desarrollo de estrategias de adaptación en la región fronteriza se podría acelerar por medio de un enfoque binacional a la adaptación. La colaboración interfronteriza emergente en el Río Colorado, por ejemplo, podría servir de base para elaborar estrategias en el futuro. En el Río Colorado, las secciones estadounidense y mexicana de la CILA están iniciando un proceso cooperativo conjunto para identificar, explorar y en última instancia ejecutar iniciativas de conservación, gestión de escasez, aumento de fuentes de suministro y ecología con beneficios binacionales. CILA estableció un grupo nuclear binacional para planear acciones cooperativas conjuntas a principios de 2008, y el grupo ha comenzado a reunirse para definir las actividades a desarrollar.



*Los comisionados de los sectores estadounidense y mexicano de la CILA han trabajado de cerca en un nuevo proceso conjunto para el Río Colorado.*

### Definiciones claves del cambio climático

Los términos mitigación y adaptación se usan ampliamente cuando se habla de cambio climático, y tienen un significado especial. El Tercer Informe de Evaluación del IPCC los define de la siguiente manera:

**Mitigación** – *Una intervención antropógena para reducir las fuentes o potenciar los sumideros de gases de invernadero.* (Ejemplos de medidas de mitigación serían el establecimiento de nuevas normas de vehículos para reducir las emisiones de gases de invernadero o el desarrollo de programas de secuestro de carbono.)

**Adaptación** – *Ajuste de los sistemas naturales o humanos a un nuevo medio ambiente, o a cambios en el medio ambiente. La adaptación al cambio climático se refiere al ajuste de los sistemas naturales o humanos en respuesta a estímulos climáticos reales o esperados, o a sus efectos, que atenúa los efectos perjudiciales o explota las oportunidades beneficiosas.* (Ejemplos de adaptación serían la modificación de las curvas de reglas operativas de control de inundaciones en los embalses o la construcción de diques marinos.)

La mayoría de las actividades de las agencias hídricas relacionadas con el cambio climático se encuentran en la categoría de adaptación, si bien algunas actividades que reducen el uso de energía (por medio de conservación) o que resultan en un desplazamiento hacia fuentes de energía con menor huella de carbono se pueden clasificar como mitigación.

## Estrategias de adaptación

*Las reconstrucciones de caudal derivadas de los registros de anillos de crecimiento de los árboles constituyen una herramienta útil para evaluar la severidad de las sequías más allá del período donde se cuenta con registros de mediciones históricas.*

**La planeación de gestión de aguas y control de inundaciones debería tener en cuenta tanto las consecuencias pronosticadas debido al cambio climático como las incertidumbres que no se pueden cuantificar, o que no se pueden cuantificar bien en la actualidad.**

El análisis y diseño hidrológico tradicional se han basado en la premisa que el pasado es la llave del presente (también conocida como estacionalidad climática) y en los registros relativamente breves de mediciones hidrológicas. No existe aún una técnica ampliamente aceptada para reemplazar el enfoque tradicional, si bien el uso de registros de largo plazo reconstruidos de la información paleoclimática es una manera práctica de analizar la variabilidad climática para la planeación de corto y mediano plazo del suministro de agua y la preparación para sequías.



Foto cortesia de Connie Woodhouse, Universidad de Arizona

Las herramientas institucionales que facilitan la adaptación son, entre otras:

- Evitar el impacto de los nuevos desarrollos por medio de la planeación del uso de la tierra (por ejemplo, gestión apropiada de las llanuras de inundación).
- Incorporación de la gestión de riesgo en el proceso de toma de decisiones (por medio de seguros, o aceptando diversos niveles de riesgo en función de criterios especificados de antemano).
- Uso de factores de seguridad apropiados para ayudar a mitigar las incertidumbres.
- Rediseño o reorientación de la explotación de instalaciones existentes para responder mejor al cambio de condiciones hidrológicas (por ejemplo, cambiando las curvas de reglas de control de inundación en los embalses).
- Preparación de planes de gestión de adaptación que incluyan ciertos eventos que, de ocurrir, den lugar a acciones, y controlando los mismos para poder determinar cuándo se están produciendo.

La planeación de gestión de agua debería hacer uso explícito de enfoques que diversifiquen en lo posible las fuentes de agua y aprovechen las oportunidades ofrecidas por la planeación regional integrada. La eficiencia en el uso del agua y la conservación son un componente importante de este proceso. El acceso a infraestructuras compartidas regionalmente, incluyendo el almacenamiento (ya sea en embalses de agua superficial o cuencas de aguas subterráneas) y las infraestructuras de transporte, son una herramienta esencial para facilitar las acciones de respuesta regional, como la transferencia e intercambio voluntario de agua.



## **Planeación regional integrada en California**

**El Plan Hídrico de California actualizado en 2005 recomendó la promoción de la gestión de agua regional integrada para “asegurar el uso sustentable de agua, fuentes fiables de agua, mejor calidad del agua, liderazgo ambiental, desarrollo urbano eficiente, protección de la agricultura y una economía robusta”.** Los elementos propuestos para ese enfoque eran la promoción de asociaciones regionales, el desarrollo y puesta en práctica de planes de gestión de agua regionales integrados, y la diversificación de los portafolios de agua regionales. Una medida aprobada por los votantes del estado en 2006 autorizó, entre otras cosas, la apropiación de mil millones de dólares para el CDWR con el objeto de promover la gestión de agua regional integrada. Conforme a esta cláusula, los subsidios para las dependencias locales serán contingentes a la ejecución de planes de agua regionales integrados o sus equivalentes funcionales, y la ley estatal estableció además la asignación de fondos por área geográfica.

*El monto sustancial de almacenamiento de agua del Río Colorado sirve como reaseguro contra la variabilidad hidrológica y permite tomarse un tiempo para poner en práctica medidas de gestión de adaptación durante épocas de sequía. La reciente adopción de nuevas pautas interinas para manejar el Lago Mead y el Lago Powell bajo condiciones de escasez permite a las agencias de los Estados Unidos que usan el agua del Río Colorado almacenar una porción del agua conservada en el Lago Mead, siempre que haya disponibilidad de espacio; parte de este almacenamiento dedicado no se ha asignado aún, y podría ponerse a disposición de los usuarios de México, sujeto a las negociaciones de la CILA.*

*Los temas cubiertos en la conferencia de infraestructura de agua fronteriza del CDWR incluyeron la necesidad de financiamiento para mantener la infraestructura envejecida binacional de la CILA y ejemplos de mejoras en el transporte y uso de agua para agricultura.*



## Infraestructura de agua en la frontera

**No se puede completar una evaluación de las estrategias de adaptación al cambio climático en la región fronteriza sin considerar también las circunstancias especiales sobre el desarrollo y financiación de la infraestructura hídrica en la frontera.** Brevemente, un acuerdo lateral del Tratado de Libre Comercio de América del Norte de 1993 estableció, entre otras cosas, la COCEF y el Banco de Desarrollo de América del Norte (NADBank). El rol de la COCEF es desarrollar y certificar proyectos de infraestructura ambiental (por ejemplo, proyectos de infraestructura de agua y aguas de desecho) que cumplan con criterios específicos. Estos proyectos

podrían ser financiados por medio del NADBank con una combinación de préstamos y subsidios. El área de cobertura de la COCEF es de 62 millas (100 kilómetros) de la frontera en el lado estadounidense y de 186 millas (300 kilómetros) en el lado mexicano (*figura 28*). La *figura 29* de la COCEF muestra la historia del financiamiento de este programa de desarrollo de infraestructura por parte de los Estados Unidos. Generalmente, una buena parte del financiamiento utilizado a la fecha ha sido para proyectos municipales separados, como la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, en la zona fronteriza. La COCEF ha documentado casi \$1000 millones en necesidades adicionales de infraestructura de agua potable y aguas residuales en la zona fronteriza.

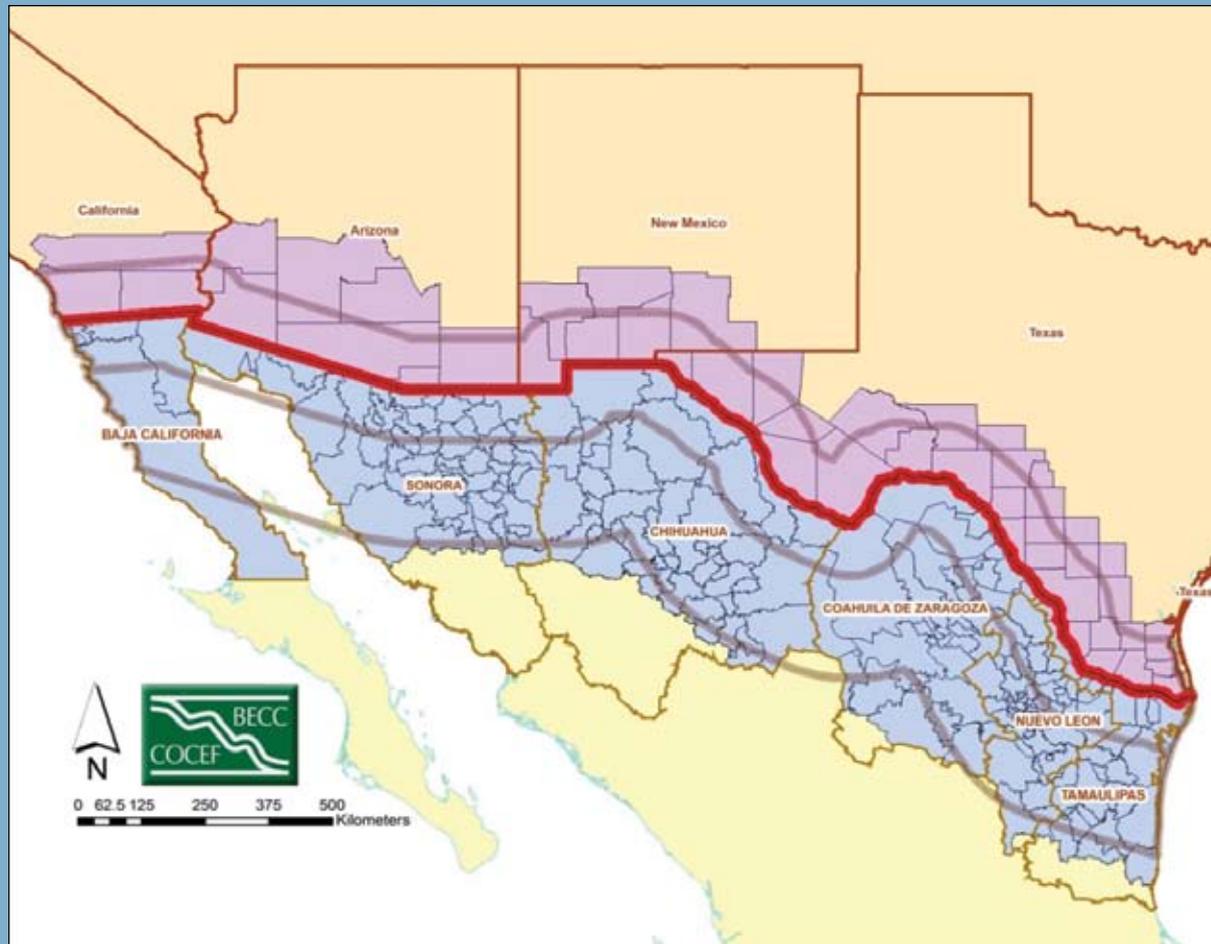


FIGURA 28

### Zona fronteriza de 100 Km y 300 Km de la COCEF

**Municipalidades Mexicanas a menos de 300 km de la zona fronteriza de la COCEF:**

- 224 municipalidades en 6 estados
- Área: 697,000 km<sup>2</sup>
- Población: 16.5 millones de habitantes

Fuente: CONAPO 2007; SNIM versión 7.0 e INEGI 2000 y Buró de Censos de los EE.UU., 2006.

**Condados Estadounidenses a menos de 100 km de la zona fronteriza de la COCEF:**

- 47 condados en 4 estados
- Área: 375,000 km<sup>2</sup>
- Población: 13.2 millones de habitantes

Fuente: Buró de Censos de los Estados Unidos, 2006

## Apropiaciones de EE.UU. para el Programa Fronterizo EE.UU.-México (1994 a 2009)

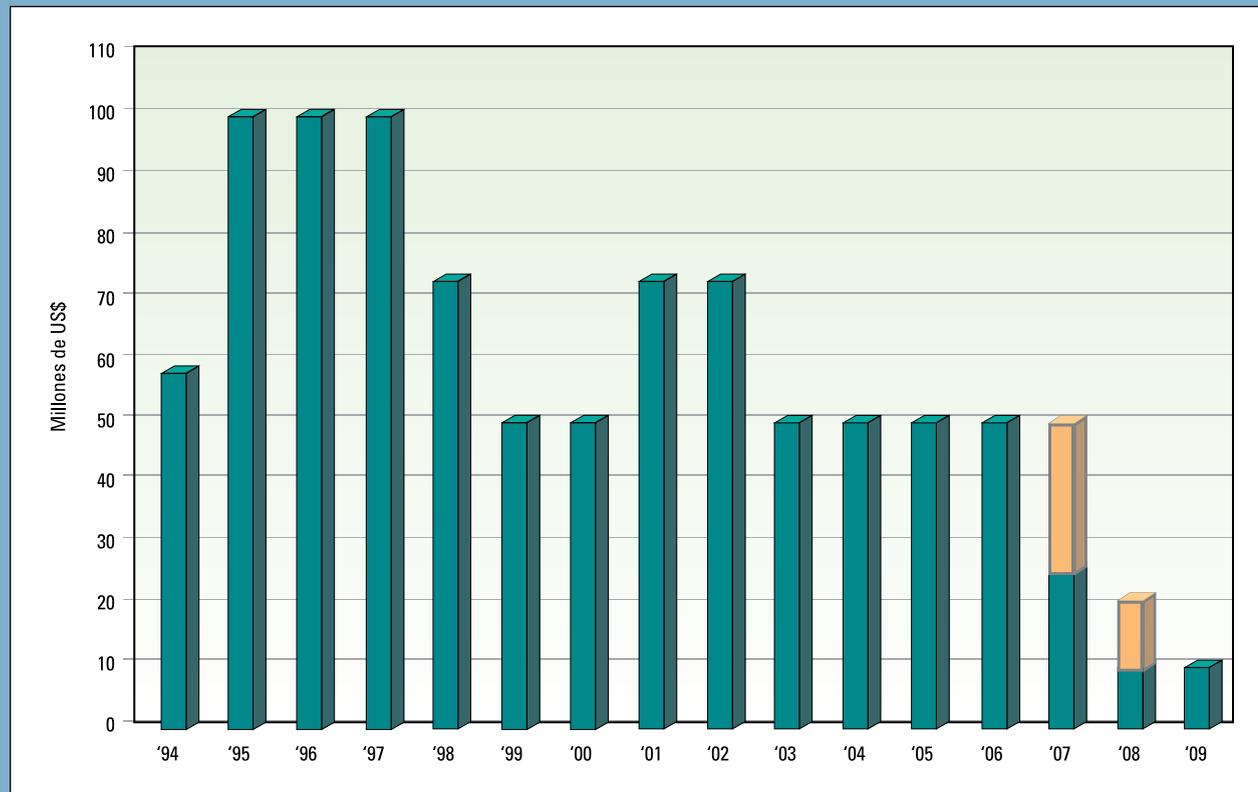


FIGURA 29

### Historial de apropiaciones del programa fronterizo Estados Unidos –México

Los años fiscales 2007, 2008 y 2009 reflejan los montos propuestos en el presupuesto elevado por el presidente. En el año fiscal 2007 se recibieron US\$50 millones por aportes del Congreso para continuar operando (Continuing Resolution) y en el año fiscal 2008 se recibieron US\$20 millones por aportes del Congreso.

Fuente: COCEF



*Imagen de satélite cortesía de NASA*

*Tierras agrícolas irrigadas en el Valle Imperial de los Estados Unidos y el Valle de Mexicali en México. El Golfo de California se puede ver en la esquina inferior derecha.*

El CDWR copatrocinó en mayo de 2008 una conferencia sobre la infraestructura del agua fronteriza y sus necesidades de financiación, en la que participantes de los Estados Unidos y México intercambiaron opiniones sobre planes de desarrollo de infraestructura y las necesidades futuras pronosticadas, y los desafíos para poder suplir dichas necesidades.

En la conferencia se señaló que el paradigma actual de financiamiento por medio de la COCEF/NADBank, como también la evaluación de necesidades de infraestructura históricas para la región fronteriza, en general no se ocuparon de proyectos de desarrollo de herramientas de gestión de agua, como la infraestructura de transporte, la gestión de almacenamiento/embalse de agua, la eficiencia en el uso de agua de agricultura, la recarga de aguas subterráneas, o el reciclado y desalinización del agua. Excepto un único programa de subsidios para financiar inversiones de conservación de agua en 2002 del NADBank, cuya intención era ayudar a responder al impacto de la sequía y la deuda de agua de México en el Río Bravo, los programas de asistencia financiera existentes no han utilizado un enfoque regional.

La expansión de programas de asistencia financiera para incorporar una perspectiva regional en el desarrollo de infraestructura fronteriza sería un paso útil para obtener una gestión de agua más eficiente, y ayudaría a construir un marco de referencia para la adaptación a largo plazo al cambio climático. En particular, las oportunidades de conservación de agua regional y eficiencia en el uso de agua (incluyendo mejoras en el sistema de transporte y modernización del distrito de irrigación) ofrecen la posibilidad de obtener éxitos de corto plazo que podrían avanzar la colaboración fronteriza.

'08  
**JULIO DE**

**Arnold Schwarzenegger**  
*Gobernador*  
*Estado de California*

**Mike Chrisman**  
*Secretario de Recursos*  
*La Agencia de Recursos*

**Lester A. Snow**  
*Director*  
*Departamento de*  
*Recursos Hídricos*



agua y **cambio climático**  
en el área fronteriza

UNA INTRODUCCIÓN

